



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EFECTO DE LA ESCUCHA MUSICAL EN LA
VARIABILIDAD EN LA FRECUENCIA CARDÍACA:
VIDA CARDIO-MUSICAL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

CARLOS ISRAEL ROMÁN AGUILERA



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. GERTRUDIS HORTENSIA GONZÁLEZ
GÓMEZ**

2018

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Profesores

Presidente	Dra. Karla Paola García Pelagio
Vocero	M. en C. Hugo Iván Cruz Rosas
Secretaria	Dra. Gertrudis Hortensia González Gómez
1er Suplente	Dr. Carlos David Suárez Pascal
2do Suplente	M. en C. José Alfredo Jiménez Medina

Este trabajo fue realizado en el Taller de Biofísica en el Departamento de Física en Facultad de Ciencias de la UNAM.

Tutor de tema: Dra. Gertrudis Hortensia González Gómez

1. Datos del alumno

Román
Aguilera
Carlos Israel
5538095544
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
414014772

2. Datos del tutor

Doctora en Ciencias
Gertrudis Hortensia
González
Gómez

3. Datos del sinodal 1

Doctora en Ciencias
Karla Paola
García
Pelagio

4. Datos del sinodal 2

Maestro en Ciencias
Hugo Iván
Cruz
Rosas

5. Datos del sinodal 3

Doctor en Filosofía de la Ciencia
Carlos David
Suárez
Pascal

6. Datos del sinodal 4

Maestro en Ciencias
José Alfredo
Jiménez
Medina

7. Datos del trabajo escrito

Efecto de la escucha musical en la variabilidad en la frecuencia cardíaca: Vida cardio-musical
87 p.
2018

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Al jurado por sus aportaciones y valoraciones al presente trabajo

Dra. Karla Paola García Pelagio

M. en C. Hugo Iván Cruz Rosas

M. en C. José Alfredo Jiménez Medina

A la Dra. Gertrudis Hortensia González Gómez por asesorarme en todo momento en mi preparación como biólogo, así como en su capacidad para ayudarme en mi desarrollo como sujeto científico.

Al Dr. Carlos David Suárez Pascal por haberme enseñado a comprender y analizar los fenómenos científicos a profundidad. A observar las diferentes problemáticas que acechan en la ciencia, y sobre todo a incentivar en mí la posibilidad de reflexionar y pensar diferente las diferentes temáticas que acontecen en la ciencia y su desarrollo.

A la bióloga Nallely Cabrera González, por ser mi instructora en biología experimental, siendo la primera persona en darme un acercamiento a la actividad científica, sin perder la composición humanitaria y social que todo individuo debe poseer.

Al Dr. Álvaro Chaos Candor, por mostrarme que la crítica ante la ciencia imperante, siempre es importante, con el análisis y la rigidez del pensamiento reflexivo.

Al biólogo Amadeo Estrada por ser mi primer profesor en mostrarme que la filosofía y la ciencia podían llevarse de la mano integrando un pensamiento complejo y poderoso en el quehacer científico.

Esta tesis está dedicada a:

Gema del Carmen Aguilera Román

Por apoyarme en todo momento, y ser una persona que siempre me ha mostrado la importancia del pensamiento y el amor hacia las personas y cosas que a uno lo sustentan. Es a ella a la que se debe la realización de este trabajo y de mi preparación como individuo consciente y competente para ejercer lo que como humano es mi responsabilidad para conmigo y la sociedad. Agradezco su fortaleza y su pericia en todas las dificultades que se ha encontrado en la vida, porque ello demuestra, no que se puede salir adelante en un sentido socioeconómico, sino en uno de identidad humana. En la cual, ella es, por sobre todas las cosas, un ejemplo de que se puede ser una persona con dignidad, fuerza, seguridad y honestidad, en un mundo sumamente material e ilusivo.

Lidia Luz Villavicencio Núñez

Por sostenerme en todos mis momentos, acompañarme y ayudarme en todas las diatribas que se han presentado en mi vida. Agradezco en todo momento crecer a su lado y entender toda la importancia del amor incondicional.

Alejandro Aguilera, Israel Aguilera y Gema Román

Por ser una familia libre, y como individuos libres y llenos de dignidad, enseñarme a ser siempre honesto y congruente conmigo mismo afrontando las implicaciones que ello conlleve.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a mi **familia Román**. La familia que me ha albergado y me ha llenado de todas las ilusiones de compromiso y unión. Son esta familia, la responsable de hacerme sentir siempre grande y apoyado, fuerte y capaz. Es su ejemplo, antes que todo lo que he aprendido en el mundo, lo que me ha llevado siempre adelante consciente o inconscientemente, porque es en esta familia, donde yo he aprendido cada uno de los principios que ahora defiendo. Es en esta familia, en la que yo puedo apoyarme y en la que debemos mi familia nuclear y yo, mucho de nuestros logros. Aunque no siempre yo esté en todos sus momentos, estoy perfectamente agradecido de tenerlos como familia. Yo siempre les escucharé y me prestaré a lo que necesiten. Porque por sobre todas las cosas, somos una familia hermosa y grande, que siempre, hemos albergado con respeto y cariño a todas las personas que nos rodean. Gracias familia Román.

Un agradecimiento a todos mis compañeros con los cuales tuve momentos de baile y fiesta, charlas y reflexiones. Todos aquellos que contribuyeron en una estancia agradable y de aprendizaje mutuo en mi paso por la carrera.

Un agradecimiento profundo para **Edwin Arzola** por ser el mejor amigo que he tenido al paso de los años. Ser un individuo competente y sagaz que me ha acompañado en todos mis momentos de aprendizaje. Su constancia y compromiso, así como valores, son en todas ocasiones admirables e imprescindibles para mi crecimiento.

Agradezco especialmente a **Pedro González Moguel**, por ser un compañero y amigo extraordinariamente inteligente, que me ha acompañado en mis diferentes experiencias académicas y no académicas, contribuyendo en mi formación como ser pensante e informado.

Mi cariño y aprecio por **Mariana Soto** al proporcionarme diferentes críticas y reflexiones de la ética académica y personal que me han servido en mi realización como sujeto responsable día a día.

María Teresa Hernández, por su amor incondicional, sus valores de respeto y sus palabras siempre alineadas a los principios de humanidad y sociedad que promulgamos como universitarios.

Pablo Lavaniegos, al ser un compañero nato, sonriente y siempre capaz de charlar en todas las dimensiones que de un individuo universitario se esperarían.

Un aprecio profundo por **Laura Rodas** y sus mundos llenos de peripecias y emociones, confluentes con nuestro interés en platear un mundo mejor, aunque eso nos cueste las derrotas sobre el mundo hegemónico.

Ixchel Rodríguez Mendiola. La mujer que sin pensarlo se convirtió en una persona que deseo tener para toda mi vida, aprendiendo, viendo y compartiendo el mundo complejo e inexplicable que nos depara.

Isaac Pardo, en sus letanías poderosas y enigmáticas que superan mi imaginación y permiten que comprenda niveles de la biología que no siempre quedan a flote en las enseñanzas académicas.

Una dedicatoria especial para **Ariadna González**, compañera y amiga desde el principio de mi formación académica, que ha demostrado, a pesar de nuestra relación llena de circunvoluciones, mantenerse cercana a mí y todos mis procesos de transformación en mi paso por la carrera.

Agradezco a **Roció Baqué** por ser mi primer compañera y amiga de la carrera, continuar en mi vida y escucharme y acompañarme en mis diferentes procesos de pensamiento que me han construido en la licenciatura.

Una felicitación y amor profundo por **Nydia León**. Una mujer extraordinariamente inteligente y reflexiva que me ha ayudado en demasía en mis comprensiones del mundo que me rodea. Agente activa del conocimiento y de la responsabilidad social. Una persona que lejos de ser alumna, confiere, y atribuye a este mundo, la posibilidad de creer en que existen humanos con gran alcance de propuesta y acción.

Mi agradecimiento a **Harumi Takano** por ser mi amiga desde el inicio de la carrera y demostrar ser una compañera legítima y responsable con el trabajo científico. Un ejemplo a seguir en lo que se refiere a un individuo tenaz y comprometido.

Y finalmente a **Paulina Castro Cuevas** por, en este último episodio de mi vida, un apoyo y esperanza, en la felicidad y en el amor.

A todos ustedes, les deseo que siempre sean felices y que todo salga sino exitosamente bien, sí, hermosamente galáctico y lleno de colores. Yo estaré para ustedes, en todo momento, sean como sean, hagan lo que hagan. Soy perfectamente consciente de mis

palabras, y de la responsabilidad de ellas. Por lo que pueden confiar en mí, sin pensar, que esto sólo es un arrebató de emociones y formalidades. Yo les amo, he aprendido hacerlo. Independientemente de que tú ustedes lo hagan conmigo. Mas, eso no significa que a mí no me importe su bien estar. Estaré con toda mi honestidad y compromiso, cuando lo necesiten y cuando no.

Índice

1. Abreviaturas.	14
2. Resumen.	15
3. Introducción.	16
3.1 Acerca de la teoría de sistemas complejos	17
3.2 Sobre la fisiología del corazón	19
3.3 Acerca de la teoría de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.	25
3.3.1 Antecedentes de la HRV.	25
3.3.2 Explicación de los índices a utilizar.	28
4. Objetivos.	30
5. Hipótesis.	30
6. Procedimiento.	31
6.1 Primera fase.	31
6.2 Segunda fase	32
6.3 Tercera fase.	32
6.4 Cuarta fase	33
7. Resultados.	35
7.1 Análisis individual.	41
7.1.1 Sujeto 1.	45
7.1.2 Sujeto 2.	47
7.1.3 Sujeto 3.	49
7.1.4 Sujeto 4.	51
7.1.5 Sujeto 5.	56
7.1.6 Sujeto 6.	57
7.1.7 Sujeto 7.	59
7.1.8 Conclusiones del análisis individual.	61
7.2 Análisis general.	63
7.2.1 Análisis general de promedios	63

7.2.2	Análisis general de tendencias.....	65
7.2.3	Conclusiones del análisis general.....	75
8	Conclusión.....	79
9	Referencias.....	81

Índice de figuras

Figura 1. Circulación sanguínea en el corazón.	20
Figura 2. Sistema eléctrico de corazón	21
Figura 3. Tensión y distensión muscular.	22
Figura 4. Actividad molecular receptores M2 - M4.	24
Figura 5. Actividad molecular receptores $\beta_1 - \beta_2$	25
Figura 6. Componente de un ciclo de un latido cardiaco en ECG.	26
Figura 7. Modelo de desviación estándar.	27
Figura 8. Serie de tiempo RR.	35
Figura 9. Espectrograma de la FFT.	36
Figura 10. Espectrograma generado por MatLab de la pista 'Después de ti, quién'.	38
Figura 11. Espectrograma de la FFT generado por MatLab para la pista 'Después de ti, quién'.	39
Figura 12. Espectrograma generado por MatLab de la pista 'Us'	39
Figura 13. Espectrograma de la FFT generado por MatLab para la pista 'Us'.	40
Figura 14. Espectrograma generado por MatLab de la pista 'Spring waltz'.	41
Figura 15. Espectrograma de la FFT generado por MatLab para la pista 'Spring waltz'.	41

Índice de tablas

Tabla 1. Respuestas del cuestionario a los sujetos de estudios.	35
Tabla 2. Resultados de los índices Mean HR, pNN50, LF/HF y ShanEn en los sujetos de estudios.	36
Tabla 3. Valores de CMC asignados a todas las pistas.	42
Tabla 4. Valores de gusto y CMC para el Sujeto 6	58
Tabla 5. Resumen de resultados de los cambios <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en los índices Mean HR, Pnn50, LF/HF y ShanEn en los sujetos de estudio.	62
Tabla 6. Valores de la prueba t de student entre los grupos CMC 1, 2 y 3.	64
Tabla 7. Valores de la prueba t de student entre los grupos de gusto bajo, medio y alto. .67	
Tabla 8. Ascensos y descensos de Mean HR <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de CMC.	71
Tabla 9. Ascensos y descensos de pNN50 <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de CMC.	71
Tabla 10. Ascensos y descensos de LF/HF <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de CMC.	72
Tabla 11. Ascensos y descensos de ShanEn <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de CMC.	72
Tabla 12. Ascensos y descensos de Mean HR <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de gusto.	73
Tabla 13. Ascensos y descensos de pNN50 <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de gusto.	73
Tabla 14. Ascensos y descensos de LF/HF <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de gusto.	74
Tabla 15. Ascensos y descensos de ShanEn <i>ipso facto</i> y <i>a-posteriori</i> en agrupaciones de gusto.	75
Tabla 16. Resumen de resultados de promedios CMC.	75
Tabla 17. Resumen de resultados de promedios por gusto	75
Tabla 18. Resumen de resultados de tendencias CMC <i>ipso facto</i>	76
Tabla 19. Resumen de resultados de tendencias CMC <i>a-posteriori</i>	77
Tabla 20. Resumen de resultados de tendencias por gusto <i>ipso facto</i>	77
Tabla 21. Resumen de resultados de tendencias por gusto <i>a-posteriori</i>	77

Índice de gráficas

Gráfica 1. Sujeto 1. Cambios <i>ipso facto</i> en Mean HR.	45
Gráfica 2. Sujeto 1. Cambios <i>ipso facto</i> en pNN50	46
Gráfica 3. Sujeto 1. Cambios <i>a-posteriori</i> en LF/HF	47
Gráfica 4. Sujeto 1. Cambios <i>a-posteriori</i> en ShanEn	47
Gráfica 5. Sujeto 2. Cambios <i>ipso facto</i> en Mean HR.	48
Gráfica 6. Sujeto 2. Cambios <i>ipso facto</i> en LF/HF.	49
Gráfica 7. Sujeto 2. Cambios <i>a-posteriori</i> en LF/HF	49
Gráfica 8. Sujeto 3. Cambios <i>ipso facto</i> en Mean HR.	50
Gráfica 9. Sujeto 3. Cambios <i>a-posteriori</i> en Mean HR.	50
Gráfica 10. Sujeto 3. Cambios <i>ipso facto</i> en pNN50	51
Gráfica 11. Sujeto 4. Cambios <i>ipso facto</i> en Mean HR	52
Gráfica 12. Sujeto 4. Cambios <i>a-posteriori</i> en Mean HR.	52
Gráfica 13. Sujeto 4. Cambios <i>ipso facto</i> en pNN50.	53
Gráfica 14. Sujeto 4. Cambios <i>a-posteriori</i> en pNN50	54
Gráfica 15. Sujeto 4. Cambios <i>ipso facto</i> en ShanEn.	55
Gráfica 16. Sujeto 4. Cambios <i>a-posteriori</i> en ShanEn.	55
Gráfica 17. Sujeto 5. Cambios <i>a-posteriori</i> en pNN50.	56
Gráfica 18. Sujeto 5. Cambios <i>ipso facto</i> en LF/HF.	57
Gráfica 19. Sujeto 5. Cambios <i>a-posteriori</i> en LF/HF.	57
Gráfica 20. Sujeto 6. Cambios <i>a-posteriori</i> en LF/HF.	58
Gráfica 21. Sujeto 7. Cambios <i>ipso facto</i> en Mean HR	59
Gráfica 22. Sujeto 7. Cambios <i>a-posteriori</i> en Mean HR.	60
Gráfica 23. Sujeto 7. Cambios <i>ipso facto</i> en pNN50.	61
Gráfica 24. Sujeto 7. Cambios <i>a-posteriori</i> en pNN50.	61
Gráfica 25. Promedios de Mean HR en agrupaciones de CMC.	64
Gráfica 26. Promedios de pNN50 en agrupaciones de CMC.	65
Gráfica 27. Promedios de LF/HF en agrupaciones de CMC.	66
Gráfica 28. Promedios de ShanEn en agrupaciones de CMC.	66
Gráfica 29. Promedios de Mean HR en agrupaciones por gusto.	67
Gráfica 30. Promedios de pNN50 en agrupaciones por gusto.	68
Gráfica 31. Promedios de LF/HF en agrupaciones por gusto.	69
Gráfica 32. Promedios de ShanEn en agrupaciones por gusto.	70

Abreviaturas

ECG. Electrocardiograma.

SNA. Sistema Nervioso Autónomo.

HRV. Variabilidad de la frecuencia cardiaca.

FFT. Transformada rápida de Furier.

Mean HR. Frecuencia media de latidos cardiacos por minuto.

pNN50. Cambios rápidos de latido cardiaco con espacio entre latidos mayor a 50 ms.

HF/LF. Coeficiente de altas frecuencias sobre bajas frecuencias.

ShanEn. Entropía de Shannon.

CMC. Complejidad Musical Cualitativa.

1. Resumen

Diferentes estudios realizados alrededor de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, mejor conocida como HRV por sus siglas en inglés (*Heart Rate Variability*), han permitido conocer cuáles son los índices y comportamientos en el corazón cuando se encuentra bajo diferentes demandas o requerimientos sistémicos. El presente proyecto tiene como objetivo comprender cómo la HRV puede verse afectada por la escucha musical. Es importante apuntar que en algunas investigaciones que se han realizado sobre el efecto de la escucha musical en la HRV, no se han reportado resultados diferentes en la HRV con la exposición de música relajante frente a la estimulante. Así, se pretende realizar una investigación que más allá de las técnicas computacionales y matemáticas, se adhiera a la psicología y sensibilidad de los sujetos de manera integral y abra paso a la comprensión del fenómeno cardiaco. La investigación, entonces, está compuesta de tres fases. Una primera fase de muestreo y toma de apreciación musical por parte de los sujetos participantes. La segunda dedicada al análisis computacional de los datos del electrocardiograma (ECG). Esta fase tendrá como propiedad ser cuantitativa a través de los estadísticos en la plataforma Kubios (Tarvainen *et al.*, 2014). Y la tercera fase, de tipo cualitativo, buscará comprender el efecto del gusto del individuo por la música escuchada, y la categorización de ésta a partir de sus propiedades de onda. Se entiende así, que lo obtenido responde a dos condiciones; la apreciación del individuo como factor explicativo de los resultados, y la naturaleza musical. Esto con la finalidad de poder producir una ciencia integrativa y no alejada de las problemáticas del mundo habitable, en contraposición a la ciencia reductiva y positivista.

2. Introducción

La variabilidad de la frecuencia cardíaca, mejor conocida como HRV por sus siglas en inglés (*Heart Rate Variability*), es un importante indicador de la salud del sistema cardíaco y permite evaluar algunos procesos de regulación autonómica (Levy, Yang & Wallick, 1993; Kristal *et al.*, 1995). Diferentes estudios realizados alrededor de la HRV han permitido, conocer cuáles son los comportamientos en el corazón cuando se encuentra bajo diferentes demandas o requerimientos sistémicos. No obstante, si es cierto que los estudios principalmente se han enfocado en el aspecto nosológico, otros también han versado sobre la naturaleza del comportamiento del corazón (Roque *et al.*, 2013).

Los estudios basados en la premisa fenoménica, han tratado de reconocer cuál es el carácter de complejidad del corazón, que puede desplegar bajo estimulaciones físicas, psicológicas y cognitivas (Thayer *et al.*, 2012). Estas últimas, siendo quizá las más complicadas de abordar por su convergencia de propiedades. Pese a esto, investigaciones realizadas en modelos de animales y humanos, han probado que los procesos cognitivos como la lectura, escucha musical, visualización de imágenes, el juego de estrategia entre otros, son capaces de modificar la dinámica del corazón (Thayer *et al.*, 2012; Daemen, 2013)). Por lo que la investigación acerca de la relación de estos fenómenos, promete contribuir a dilucidar nuestro funcionamiento fisiológico en aspectos integrales.

Reportes sobre el efecto de la escucha musical en la HRV, han reportado que no existen diferencias en la HRV con la exposición de música relajante frente a la estimulante (Cervellin & Lippi, 2011; Iwanaga *et al.*, 2005), aunque en situaciones clínicas pre-operatorias, se ha visto que la escucha de música relajante influencia de manera favorable a los pacientes en su periodo de recuperación (Bradt *et al.*, 2013; Van der Heijden *et al.*, 2015). Adicionalmente los beneficios de la música-terapia en la salud de algunos padecimientos relacionados con el estrés, muestran que efectivamente existe una relación positiva entre la escucha musical y la condición fisiológica (Cysarz & Van Leeuwen, 1999; Carr, Odell-Miller & Priebe, 2013; Raglio *et al.*, 2015). No obstante, el que el estímulo musical pueda modificar la HRV, es todavía una interrogante. Esto supone que la HRV no se ve afectada por la escucha musical o en su defecto que las investigaciones al respecto, han estado mal dirigidas en su método de estudio. Koelsch & Jäncke en su artículo de revisión *Music and the heart* enlistan una serie de recomendaciones para futuras investigaciones que ahonden en dicho tema (2015). De las cuales, la más importante es considerar la relación positiva que tienen los individuos de estudio con la pista en particular. Condición que parece explicar por qué las investigaciones alrededor de la HRV ante la escucha musical, han sido infructuosas, al homogeneizar a los escuchas (Koelsch & Jäncke, 2015).

La música, por otro lado, se ha reconocido en diversas ocasiones como un fenómeno sonoro que es capaz de evocar emociones en los humanos (Schaefer, 2017). Las cuales impactan en el sistema fisiológico de manera positiva o negativa, según el tipo de música y de sujeto (Chan *et al.*, 2009; Schäfer *et al.*, 2013). Algunas investigaciones alrededor de este tema, han versado sobre la posibilidad de la música relajante como estimulante en la salud humana (Kemper & Danhauer, 2005; Matsota *et al.*, 2013; Thoma *et al.*, 2013;

Schaefer, 2017). Lo cual ha merecido un campo de la medicina conocido como Musicoterapia, la cual se encarga de mejorar la salud humana a través de la escucha musical (Kemper & Danhauer, 2005). Adicionalmente se han reportado estudios en los que hábitos y tratamientos con escucha de música constante, promueven el bienestar mental de los humanos (Nicholson *et al.*, 2008; Thoma *et al.*, 2013).

Los estudios han demostrado que este efecto benéfico puede deberse a la disminución de estrés. Lo que reduce el mecanismo de aceleración y tensión del cuerpo. Una condición que favorece las dinámicas internas del sistema fisiológico (Thoma *et al.*, 2013). Aunque el mecanismo por el cual la música permite mejorar la salud no es del todo sabido, debido a su complejidad socio-cultural, se entiende que la relación particular que subyace entre el individuo y la música es la clave para dilucidar dicho fenómeno (Schäfer *et al.*, 2013; Tarr, Launary & Dunbar, 2014; Soley & Spelke, 2016). Siendo esta última aseveración la más importante para el estudio de la música y su impacto en el individuo. Ya que a diferencia de lo que se ha pensado antes, la música no puede ocasionar los mismos efectos en todos los individuos, debido a las diferencias socio-culturales y biológicas que definen a cada persona (Schäfer *et al.*, 2013; Tarr, Launary & Dunbar, 2014; Soley & Spelke, 2016).

2.1 Acerca de la Teoría de Sistemas Complejos

Este apartado, tiene como finalidad, esclarecer algunas de las condiciones que han sido estipuladas por los teóricos al respecto de los Sistemas Complejos Adaptativos (CAS de las siglas en inglés: *Complex Adaptive System*). El objetivo principal es ayudarnos en la comprensión del estudio que aquí se realizará. Dichos análisis, tendrán como base y fuerza argumentativa, la Teoría de Sistemas Complejos, la teoría de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, y el conocimiento de la función y actividad del Sistema Nervioso Autónomo (SNA). Los cuáles serán igualmente introducidos en las siguientes secciones.

No debemos perder de vista que toda teoría científica es un marco lingüístico, que nos permite, dar cuenta de los fenómenos naturales (Fleck, 1986; Kuhn, 1989). De ahí, que vincular la teoría a los estudios aquí realizados, es una forma de darle solidez a la presente investigación. Para que este objetivo pueda llevarse a cabo, es de importancia, tener presente, que la actividad científica debe consolidarse en una red lingüística que se soporte a sí misma (Kuhn, 1989). No pensar, en cambio, que lo que se dice en la ciencia, contiene en sí una verdad irrefutable. Para ello se hará uso de las teorías anteriormente mencionadas, pero sin considerarlas enteramente verdaderas.

Todos los Sistemas Complejos tienen como característica esencial poseer *emergencias*. Las cuales se definen como propiedades del sistema, que no se haya en los elementos particulares que le conforman (Ellis & Herbert, 2011). Un sistema es tal que un grupo de entidades se relacionan entre sí en un espacio-tiempo discreto. Ahora bien, si ocurre que las interacciones de dichas entidades, generan propiedades que no pertenecen a ninguna de las particularidades, pero que, se presentan al estar éstas interactuando, éstas son reconocidas como emergencias (Ellis & Herbert, 2011).

Dentro de los CAS, la autoorganización y la plasticidad son quizá las propiedades más relevantes para la teoría de la HRV (Ellis & Herbert, 2011; Holland, 2014). La primera nos habla de que un sistema es capaz de reestructurarse a partir de sus propiedades intrínsecas. (Ellis & Herbert, 2011; Holland, 2014). Entendamos esto como la posibilidad de un sistema para formar patrones concretos que derivan en su subsistencia, y su plasticidad de modificarse ante alguna presión ambiental (Nijhout, 2017).

Por otro lado, la teoría del caos, que intenta dar cuenta de la existencia de los fenómenos organizados y su impredecibilidad, nos habla de una cualidad en los CAS que es digna de comprender para la HRV (Sharma, 2009). Ésta se basa en la suposición de que el universo tiene reglas determinadas que pueden matematizarse en tanto los eventos son subsecuentes unos de otros. Un planteamiento que tiene varios problemas si no se toma en cuenta la diatriba de la *inducción de Hume* (Stroud, 1995). Luego, aunque el modelo de la HRV considera que la pérdida de la misma es un estado de caos, no debe esto tomarse como la única interpretación de la pérdida de HRV (Wu *et al.* 2009; Billman, 2014).

Ahora bien, lo que se desprende de las aparentes dilucidaciones de la teoría, es que un CAS tiene un comportamiento constante, al cual se apega toda la dinámica de su existencia. Punto conocido como sumidero o atractor (*attractor* en inglés) (Holland, 2014). El cual, dependiendo de cada CAS, es la dinámica estable de todo CAS. Éste de ser perturbado puede, entonces, generar una distorsión tal que atente contra la integridad sistémica derivando en un comportamiento caótico (Sharma, 2009). Esta condición plenamente reconocida la explica la teoría del caos, como una modificación de las interacciones de las partes que aleja la dinámica del sistema de su sumidero basal (Sharma, 2009; Billman, 2014; Holland, 2014; Nijhout, 2017). De ahí que la resiliencia de cualquier entidad biológica corresponde a su capacidad para modificar sus redes o interacciones internas sin perder su configuración estable o patrón (*pattern* en inglés) o conjunto de interacciones (Sharma, 2009).

Luego, un sistema como lo es el SNA, posee un atractor dinámico, que puede ser afectado ante un estímulo externo (Kalaf *et al.*, 2015) ¿Podríamos decir que todo factor externo atenta contra la integridad del SNA? Esto depende del sentido con el que se estudie el sistema biológico. Uno de corto alcance, en el que se ponga en la mira su estabilidad ipso facto, u otro en el que se tome el ciclo y necesidades que tiene un sistema de ser estimulado constantemente. Mas, existe la posibilidad de que, de hecho, un ente biológico no pueda sustentarse a sí mismo, sino es a través de dichas interacciones que posibilitan su existencia (Slagsvold & Wiebe, 2007). Así pues, el que los factores externos supongan una presión para el sistema, también son resultado inalienable de la necesidad del ser vivo de interactuar con su entorno.

Si un factor favorece a la capacidad de una entidad biológica de *aclimatizarse*, entonces, estamos ante la presencia de un estímulo que aumenta la resiliencia del sistema (Fusco & Minelli, 2010). Cabría que nos cuestionáramos ¿si un estímulo que aumenta la plasticidad de un organismo, lo hace porque permite la dinámica de sus partes o porque genera un espacio externo en el cual puedan desarrollarse? En otras palabras ¿el factor externo modifica la flexibilidad del ente biológico *per sé* o genera un espacio en el cual éste se desenvuelva? En el primer caso, me atrevo a sugerir que hablamos de un evento evolutivo. Los seres vivos cambian sus estructuras esenciales

a través del tiempo y las transmiten a sus descendientes (Laland, Matthews & Feldman, 2016), de tal forma que, el segundo precepto nos posiciona en el fenómeno fisiológico¹.

Luego, esta información nos permite preguntarnos ¿Cómo puede verse promovida la estabilidad de la HRV? Bien, aquí hay que suponer que, si el sistema cardíaco tiene libertad de generar ritmos variados, estamos ante la presencia de un estímulo favorecedor de la estabilidad sistémica. De aquí que, a mayor cantidad de dinámicas rítmicas en el corazón menor estrés para el sistema. Las investigaciones acerca de la HRV, muestran que las enfermedades y otros desordenes en el sistema fisiológico afectan considerablemente la dinámica del corazón (Kristal, Raifel, Froom & Ribak, 1995). En cambio, actividades como son la deportiva y meditación, aumentan la HRV basal del corazón (Dong, 2016; Ravé & Fortrat, 2016; Krygier *et al.*, 2017). Este último punto es de suma importancia para la presente tesis. Ya que, el estudio se enfoca en observar las relaciones y reacciones en la HRV a partir de la escucha musical. Tomando en cuenta la música como un estímulo al sistema fisiológico. De lo que se sigue que el comportamiento de la HRV, pueda verse afectado positiva o negativamente ante la escucha musical.

2.2 Sobre la fisiología del corazón

Aunque el tema de tesis no tiene como objeto de estudio la fisiología del corazón, es importante saber qué parte de ésta se relaciona potencialmente con la presente investigación. Para ello, haré una presentación breve del corazón que nos dirigirá hacia la *teoría de la variabilidad de la frecuencia cardíaca*. Ésta última como el eje primordial del estudio biológico que aquí se expone.

El corazón se reconoce como un órgano muscular del sistema circulatorio encargado de bombear la sangre a todo el cuerpo a través las arterias y las venas. Las primeras como conductos distribuidores de nutrientes y oxígeno, y las segundas como colectores de desechos y dióxido de carbono. La conformación del corazón de mamífero está dada por cuatro cavidades y sus respectivas válvulas. Las cuales, organizan la retención y expulsión de la sangre dentro y fuera del órgano (Figura 1) (Levy, 1971).

¹ Consideración: los organismos con su actividad y los productos resultantes de ella modifican su entorno, y podrían hacerlo al punto de mejorar su adaptabilidad.

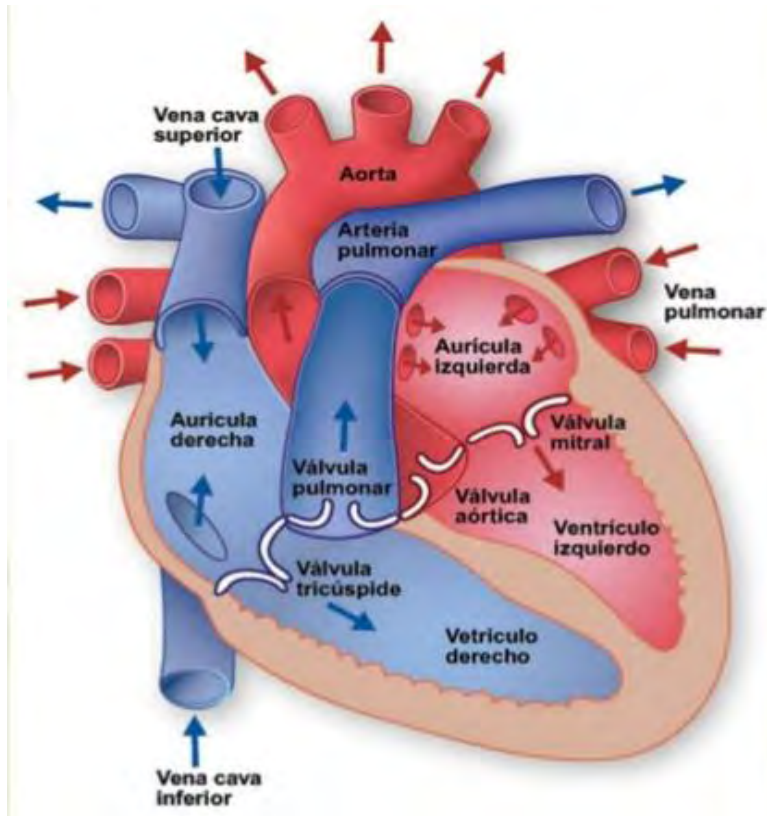


Figura 1. Imagen de las partes del corazón y la dirección del flujo circulatorio. La zona azul demarca las zonas por las que fluye la sangre pobre en oxígeno y menor cantidad de nutrientes. Mientras la roja es donde transita la sangre con gran cantidad de oxígeno y nutrientes. Imagen tomada el 13 de marzo del 2018 de: Fisiología cardíaca por Carlos González Andrade. LinkedIn Corporation © 2018. Disponible en: <https://es.slideshare.net/carlosgonzalezandrade14/fisiologia-cardiaca-i-el-corazon-como-bomba>.

La cualidad del corazón que nos interesa se debe al carácter auto-excitatorio de las células miocárdicas de los nodos sinusal y atrioventricular. Las cuales, al ser altamente sensibles a las señales del sistema nervioso autónomo (SNA), modifican los impulsos eléctricos al interior de ellas y con ello el del latido cardíaco (Levy, 1971). Dado que el corazón requiere de latir constantemente a ritmos estables que permitan la circulación sanguínea a través de todo el cuerpo, la organización en los impulsos debe ser sincrónica en una misma cámara, de lo que resulta en contracciones y distensiones homogéneas y sucesivas (Levy, 1971; Hussey, 1995).

Para que dicha contracción se lleve a cabo, el impulso eléctrico debe tener una dirección de propagación. Eso es; una primera despolarización del nodo sinusal que se propaga por las aurículas ocasionando su contracción. Luego, un retardo del impulso en el nodo AV (Lüderitz, 2003). Esto debido a una región de abundante tejido conectivo, ubicado entre las cavidades superiores e inferiores. Lo que evita que los ventrículos y las aurículas se contraigan al mismo tiempo (Lüderitz, 2003). Una vez en el nodo AV, la propagación de la descarga eléctrica continúa por medio del haz de His, atravesando rápidamente la pared

interventricular, para finalmente dispersarse por las fibras de Purkinje en los ventrículos, ocasionando la última y fuerte contracción que solemos identificar como el sonido del latido cardíaco (Figura 2) (Lüderitz, 2003).

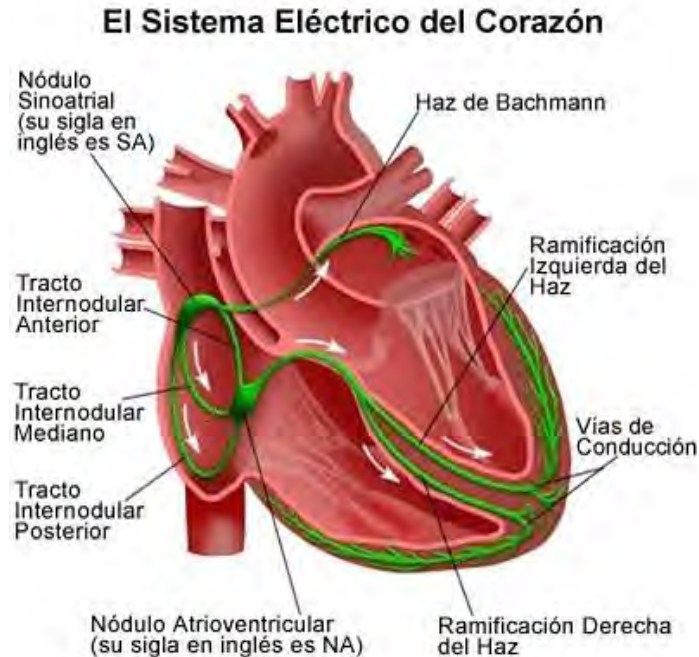


Figura 2. Electrofisiología del corazón. El impulso corre a través de las células excitatorias del sistema eléctrico marcado en verde. Desde el SA, pasando por los tractos internodulares, y hacia el haz de Bachman, expandiendo la corriente por las aurículas. Posteriormente se retarda en el NA, para continuar en el haz de His, hasta las fibras de Purkinje, en la imagen marcadas como 'vías de conducción' que derivan en la contracción ventricular. Imagen tomada el 13 de Marzo del 2018 de: Anatomía y funciones del sistema eléctrico por Stanford Children's health. Lucile Packard Children's Hospital Stanford. Disponible en: <http://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyfuncionesdelsistemaelctrico-90-P04865>

A nivel celular, este ciclo se debe al carácter auto-excitable de las células nodales. Las cuáles al estar inmersas en líquido iónico y poseer canales iónicos sensibles a voltaje y ligandos, pueden fácilmente despolarizarse. El calcio catión (Ca^{2+}) como principal elemento despolarizador de las células miocárdicas, es el agente junto con el catión sodio (Na^+) de cambiar la carga interna celular en el nodo sinusal (Lüderitz, 2003). Éste primero al ingresar a las células del nodo sinusal, por medio de canales de calcio y sodio (Ca/Na), modifica el potencial de las membranas celulares, generando una despolarización en cadena a través de todo el tejido excitable (Lüderitz, 2003). Una excitación en cadena rápida casi simultánea en el tejido, debido a las *uniones comunicantes* y *de hendidura* (Lüderitz, 2003).

El hecho de que una célula pueda cambiar su potencial de membrana, implica, entre muchas otras cosas, la liberación de sustancias al espacio extracelular y señalizaciones internas. Para el caso del músculo cardíaco, la importancia en la entrada de iones a la

célula deriva en el corrimiento de proteínas de citoesqueleto, lo cual se traduce en contracción y distensión del tejido (Ottolia, 2013). Si entonces hay una entrada de calcio considerable al citoplasma miocárdico, la consecuencia será la unión entre la actina y la miosina por cambios alostéricos en la primera por unión de Ca^{2+} (Ottolia, 2013) (figura 3). Lo cual generará una contracción celular y, por consiguiente, en el tejido. El ciclo a su vez, implica que una vez ingresado el Ca^{2+} al espacio intracelular y ejercida la unión de actina y miosina, éste sea reabsorbido principalmente por el retículo sarcoplásmico y/o es expulsado al exterior de la célula (Ottolia, 2013).

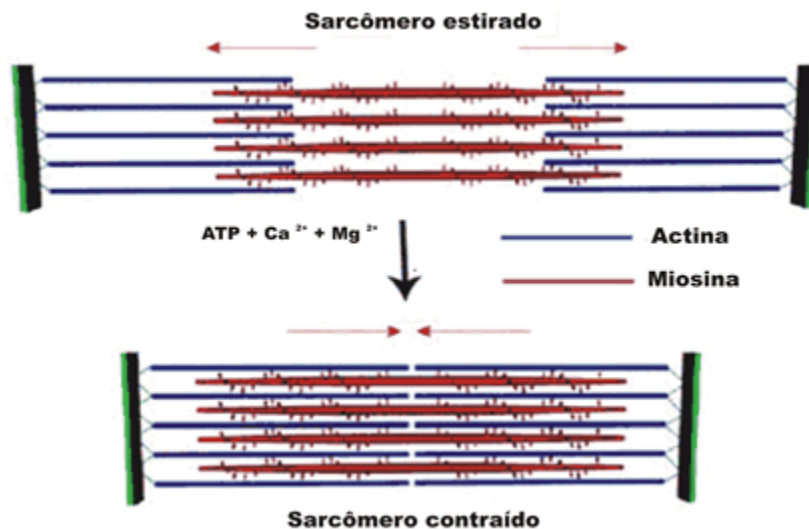


Figura 3. La miosina y actina (complejo sarcómero) se mantienen unidas en sus extremos al momento de presentar relajación. Una vez ingresado el calcio y magnesio iónicos, la conformación proteínica de la actina y miosina genera una unión entre las mismas generando así la contracción del tejido. El ATP entonces libera la unión de ambas proteínas, provocando nuevamente una relajación. Imagen tomada el 13 de marzo del 2018 de: Metabolismo de los músculos por Paloma Sala. Disponible en: <http://palomasala.com/metabolismo-de-los-musculos/>

Otro sistema implicado en el latido del corazón es el SNA. Éste dividido a su vez en dos grandes estructuras fisiológicas: el sistema nervioso simpático y el parasimpático. El primero con actividad predominantemente excitadora, y el segundo, inhibidora. Donde la actividad de excitación se produce comúnmente ante condiciones de estrés y/o de disrupción al equilibrio interno del sistema fisiológico, y la inhibición en contraposición a la exacerbación de la actividad sistémica. La distribución de ambos sistemas desde la médula espinal, a través de un entramado de neuronas, tiene como blancos diferentes órganos, modificando sus actividades particulares a razón de la función que estos tienen (McCorry, 2007).

Para el caso del corazón, la relación que guarda el sistema simpático y parasimpático, se relaciona con la velocidad y ritmo cardíaco. El aumento en velocidad y fuerza por medio de la inervación de las fibras nerviosas del sistema simpático en nodos, ventrículos y

minoritariamente en las aurículas, y la disminución de las mismas variables, a través de las fibras nerviosas del sistema parasimpático en nodos, aurículas, y en menor medida, en los ventrículos (Florea & Cohn, 2014). La señalización del sistema parasimpático dada por acetilcolina (Ach del inglés *acetylcholine*), hiperpolarizando a las células nodales, bloqueando la entrada de Ca^{2+} y aumentando la permeabilidad del potasio iónico (K^+) en la membrana. Y el sistema simpático por medio de noradrenalina (NA), aumentando la permeabilidad de Ca^{2+} y Na^+ (Levy, 1971; Florea & Cohn, 2014).

Un carácter importante en la respuesta del miocardio, y en cualquier órgano, ante la actividad simpática y parasimpática, es el tipo de receptor al que se une el neurotransmisor, en nuestro caso Ach y NA. Los receptores pueden considerarse en dos grandes tipos: los ionotrópicos y los metabotrópicos. Los primeros capaces de intercambiar iones a través de la membrana celular, desencadenando así una modificación en la polaridad extra e intracelular. Los segundos, desencadenando vías de señalización intracelulares (Brooks & Lange, 1977; Purves, *et al.* 2001).

En lo que se refiere a la interacción del sistema cardíaco con las ramas simpática y parasimpática, los receptores que el miocardio presenta son principalmente metabotrópicos (M_2 , β_1 y β_2) (Brooks & Lange, 1977; Ottolia, 2013; Florea & Cohn, 2014) (figura 4). Los ligandos de los receptores M_2 son secretados por el sistema parasimpático, y los β por el simpático. Es importante tener en cuenta que la reacción de los receptores con sus órganos blanco va a depender en principio del órgano que recibe el neurotransmisor. En el caso del miocardio, el receptor muscarínico M_2 , tiene como principal función desacoplar a la proteína $\text{G}\alpha\beta\gamma$ en $\text{G}\alpha_i$ y $\text{G}\beta\gamma$, ésta última capaz de activar los canales de K^+ hiperpolarizando la célula. Lo que dificulta la despolarización de la membrana celular, reduciendo así la velocidad de contracción (Brooks & Lange, 1977; Farias *et al.*, 2010; Ottolia, 2013; Florea & Cohn, 2014). Adicionalmente, por medio de la subunidad $\text{G}\alpha_i$, la inactivación de monofosfato de adenosina -3',5'- Cíclico (AMPC del inglés *Adenosin Monophosphate Cyclic*) bloquea la proteína quinasa A (PKA del inglés *Protein Kinase A*), la cual activa los canales de Ca^{2+} (Marks, 2003; Farias *et al.*, 2010). Ion indispensable para movilizar las fibras miosina y actina generadoras de la contracción muscular (Ottolia, 2013). Así, la actividad de M_2 , tiene una influencia por una ruta G rápida y otra lenta.

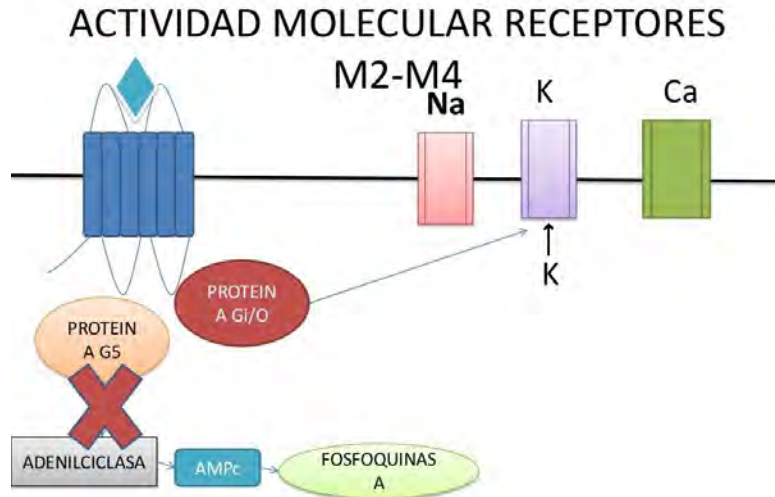


Figura 4. La unión de acetilcolina (ACh) a los receptores M2 genera dos respuestas. Por un lado, se bloquea la actividad de la adenilato ciclasa (AC) a través de la unión de $G_{\alpha i}$, ésta liberada por el mismo receptor. Una vez bloqueada la AC, la producción de cAMP cesa, impidiendo la activación de la Fosfoquinasa A. Ésta última enzima capaz de fosforilar al canal de Ca^{2+} , lo que deriva en el cierre del canal, impidiendo así la entrada de dicho catión. La entrada de Ca^{2+} , como hemos mencionado, implica la fuerza de contracción del tejido. Por otro lado, la velocidad de contractilidad, es ralentizada a partir de la apertura del canal de K^+ , por medio de $G_{\beta\gamma}$. Ésta última devenida de la disociación de la proteína G anclada a M2, cuando ACh se une a M2. Imagen tomada el 20 de marzo del 2018 de: Fármacos colinérgicos <https://www.slideshare.net/garciajcesar/farmacos-colinergicos> el 18 de abril 2018.

Los receptores β adrenérgicos encargados de activar el AMPc, señalizador de PKA, que fosforila los canales de Ca^{2+}/Na^+ dan paso a la entrada de Ca^{2+} y Na^+ , el primer catión encargado de movilizar las fibras de miosina y actina y el segundo de despolarizar la célula (Lohse, Engelhardt & Eschenhagen, 2003) (figura 5). Despolarización que se propaga por todo el sistema de conducción eléctrico (nodos, haz de His y fibras de Purkinje), genera una rápida y coordinada contracción muscular del órgano. Aquí agrego que, si bien el sistema parasimpático es el principal relajador del corazón, la activación de los receptores β adrenérgicos por la vía simpática, igualmente pueden mitigar la velocidad de latidos y fuerza de contracción por un asa de retroalimentación negativa mucho más lenta (Lohse, Engelhardt & Eschenhagen, 2003). Lo cual va a ser traducido en cambios lentos en el ritmo cardíaco. Estos mecanismos a nivel de tejido y celulares, hacen del corazón un órgano capaz de generar nuevos puntos de ajustes, conocidos como puntos de inicio fisiológico, reconocidos por la teoría de la alostasis. Que le dan la posibilidad de formar nuevos atractores o estados basales (Sterling, 2004).

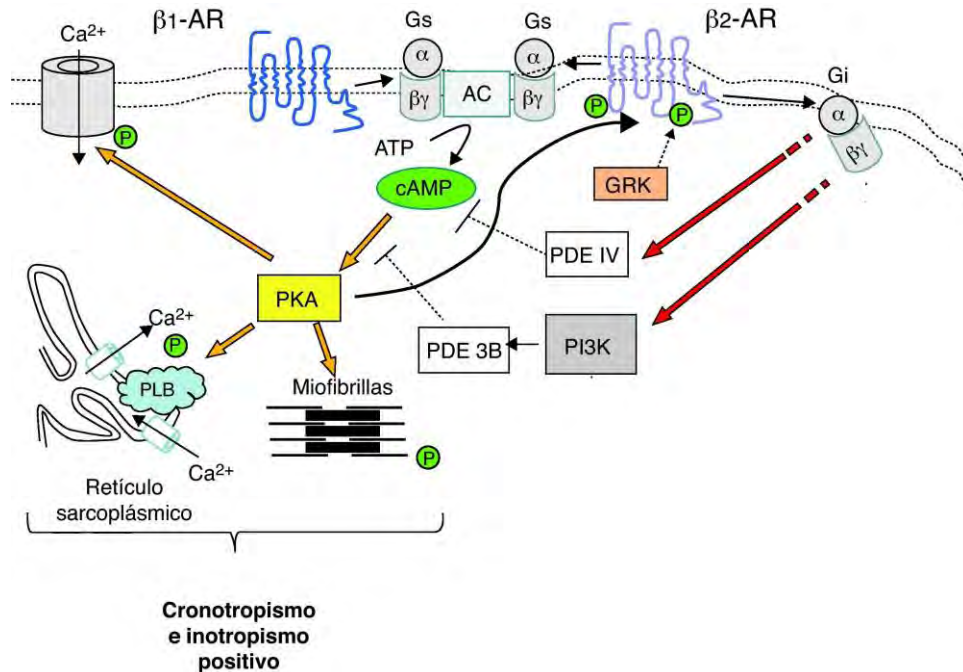


Figura 5. La unión de adrenalina o norepinefrina (NE) a los receptores β , genera una cascada de señalización que activa la Adenilato ciclasa (AC). Enzima capaz de producir cAMP, ésta última capaz de activar la Proteína Cinasa A (PKA), la cual promueve la apertura de los canales de Ca^{2+} de la membrana celular y del retículo sarcoplásmico (SR), permitiendo la entrada del mismo al interior celular y su secreción al espacio citoplasmático, lo cual moviliza las microfibrillas generadoras de la contracción del tejido. Imagen tomada el 1 de mayo del 2018 de: Sans-Rosa, D. (2011) Los receptores β adrenérgico en la enfermedad cardiovascular. Hipertensión y riesgo vascular. Elsevier.28:55-62 en <http://www.elsevier.es/es-revista-hipertension-riesgo-vascular-67-articulo-los-receptores-adrenergicos-enfermedad-S1889183711000419>

2.3. Acerca de la Teoría de la variabilidad de la frecuencia cardíaca

2.3.1 Antecedentes de la HRV

La teoría de la HRV es quizá las más explotadas hoy en día en investigaciones sobre técnicas no invasivas de corazón, por su carácter clínico y efectivo. En menos de 60 años se han generado una cantidad de 17 000 artículos en la plataforma de PubMed sobre dicho tema (Monfredi *et al.*, 2014). Esto, quizá ha conducido a que la teoría no sólo se haya hecho más robusta, sino que además se volviera muy vasta y discutida. Las interpretaciones que devienen de ella, no sólo han sido controversiales sino ampliadas a niveles matemáticos complejos, que hoy en día deben incluso reinterpretarse y cuestionarse a través de nuevas investigaciones (Richman & Randal, 2000). A su vez, la HRV, se ha expuesto a diferentes condiciones en personas y otros animales, a fin de conocer mayormente la dinámica del sistema cardíaco. Estudios durante el ejercicio,

relajación y demás, han atiborrado la teoría, llenándola de más información (Monfredi *et al.*, 2014).

La HRV parte de la toma del ECG. Éste cual consiste en la captura del voltaje de despolarización del tejido cardíaco en cada latido a nivel de la superficie corporal del individuo. De este registro simple se obtienen los intervalos de tiempo entre los latidos, los cuales son medidos a través de los puntos RR de las ondas QRS (Figura 6) (Monfredi *et al.*, 2014). El principio de esto es que los intervalos entre cada uno de los ciclos, es diferente en cada ocasión, y dichas diferencias nos indican la variabilidad en la frecuencia cardíaca. El que los tiempos entre latidos no sean homogéneos se ha reconocido como una cualidad saludable en los sujetos de estudios (Rodas, Ramos & Ortís, 2008).

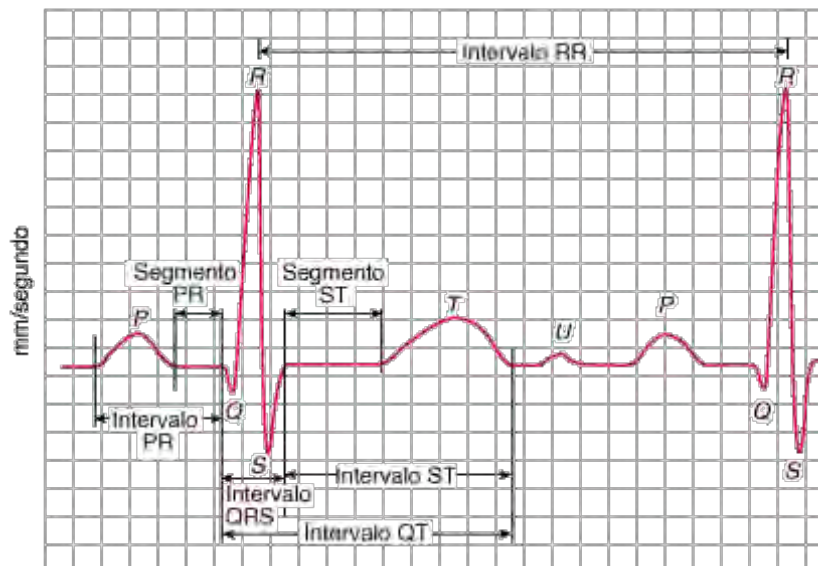


Figura 6. Componentes de un ciclo de latido cardíaco en ECG. Onda P: Despolarización de las aurículas. Intervalo PR: Intervalo entre la despolarización auricular y ventricular. Complejo QRS. Despolarización de los ventrículos. Intervalo QT. Intervalo entre el comienzo de la despolarización y el final de la repolarización ventricular. Intervalo RR. Intervalo entre dos complejos QRS, que describen el tiempo entre un ciclo completo entre latido y latido. Onda T. Repolarización ventricular. Segmento ST-onda T. Repolarización ventricular. Onda U. Relajación ventricular. Imagen tomada el 20 de marzo del 2018 de Shea, Michel. Electrocardiografía (ECG). Health Systems. Universidad de Michigan. Disponible en <http://www.msmanuals.com/es-mx/professional/trastornos-cardiovasculares/pruebas-y-procedimientos-cardiovasculares/electrocardiograf%C3%ADa-ecg>.

A partir de 1960 que se comenzaron a realizar los estudios de la HRV, se reconoció que una variabilidad mínima obtenida por una varianza pequeña, mostraba una mayor probabilidad en las personas de padecer algún tipo de enfermedad cardíaca (Monfredi *et al.*, 2014). Lo que al menos, permitía predecir si una persona tenía algún riesgo de paro cardíaco y por ende de mortalidad. Posterior a ello, se identificó que personas con otros padecimientos, como diabetes, enfermedades renales u obesidad, presentaban igualmente índices bajos de HRV (Acharya *et al.*, 2006; Billman, 2014). Con lo que se dio

por sentado que dicha medición era fundamental para estudios clínicos en casos de riesgo de infarto (Acharya *et al.*, 2006; Billman, 2014; Monfredi *et al.*, 2014).

La teoría, entonces, a través de los avances computacionales y la participación de físicos, adquirió un nivel de mayor precisión al insertarse la teoría de sistemas complejos a través de sus nuevos análisis. El primer y más importante cambio en el estudio de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, fue reconocer que la toma de RR, podía expresarse en una serie de tiempo discreta (Acharya *et al.*, 2006). Es decir, que se podía formar una línea que trazara a través del tiempo todos los intervalos RR. Y para ello se estipuló que la medición mínima fuera de 5 minutos. Una vez construida la nueva serie de tiempo, ésta podía correrse a través de una *transformada rápida de Fourier* (FFT por sus siglas en inglés *Fast Fourier Transform*) (Pichon, *et al.*, 2006).

Entiéndase que la varianza es una medida de la dispersión de los datos, que corresponde al cuadrado de la *desviación estándar* (Bewick, Cheek & Ball, 2004) (Figura 7). La desviación estándar obtenida a partir de la sumatoria de los alejamientos de cada valor respecto al promedio, expone precisamente la dispersión de los datos en relación al promedio (Bewick, Cheek & Ball, 2004). Lo que puede entenderse como la variabilidad promedio de los datos respecto de un valor medio. Y supone, en el caso de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la dispersión de los valores RR. Un dato que, aunque eficaz, no esclarece una condición exacta del fenómeno cardíaco, sino un aproximado general de su comportamiento.

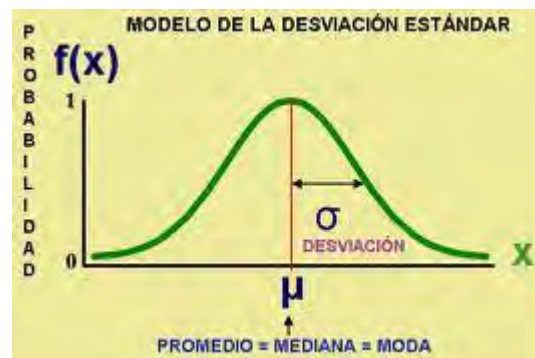


Figura 7. La desviación estándar (σ) se entiende como el valor de alejamiento de los valores a la media (μ). Tomada el 1 de 23 de enero del 2018 de: Slideplayer.es. Desviación estándar en relación a siete puntajes. Disponible en <http://slideplayer.es/slide/2458262/>

Para ello, la FFT, genera un índice más preciso y fino sobre la actividad del corazón. La FFT es un método de análisis sobre los fenómenos que se registran en el dominio del tiempo, que arroja la densidad espectral de sus frecuencias y potencia (PSD del inglés *Power Spectrum Density*). Es decir, que ofrece información sobre la repetición de los cambios dados en el tiempo y la potencia de estos. (Pichon, *et al.*, 2006; Acharya *et al.*, 2006). La idea es que, al obtener los datos en el tiempo, estos se puedan contabilizar generando

una matriz sobre la recurrencia de dichos valores. De lo que se sigue que, de una serie de tiempo RR se pueda obtener la cuantía de las distancias entre latidos sin recurrir a análisis probabilísticos. Esto es, que el número generado sea una cifra exacta de la distribución de las distancias RR y no una 'probabilidad' (Acharya *et al.*, 2006).

Los estudios por medio de la FFT permitieron que pudieran comprenderse la participación del sistema simpático y el parasimpático. Las frecuencias dadas entre el rango de 0.04 a 0.15 Hz se asociaron a las variaciones de los intervalos RR dadas por ambas ramas del SNA, mientras que las frecuencias de entre 0.15 a 0.4 Hz se establecieron como reflejo de la actividad parasimpática expresada en las variaciones rápidas de los intervalos RR (Zhong, Jan & Chon, 2006). Esto debido a la velocidad de acción de cada una de las ramas del SNA. Razón de que la actividad parasimpática fuera comprendida como una de tipo positivo para la frecuencia cardíaca, asentada en la detección de los valores en los índices obtenidos de personas sanas y personas enfermas (Silvetti, 2001; Zhong, *et al.*, 2007; Monfredi *et al.*, 2014; Billman, 2014). El coeficiente generado entre los milisegundos al cuadrado (ms^2) que había de las frecuencias bajas (LF por sus siglas en inglés *Low Frequency*) a las altas (HF del inglés *High Frequency*) fue entonces el índice por excelencia para detectar los posibles trastornos cardíacos, así como sus posibles infartos o arritmias (Zhong, *et al.*, 2007; Monfredi *et al.*, 2014; Billman, 2014).

2.3.2 Explicación de los índices a utilizar

Una de las condiciones más importante para indagar en la presente investigación es saber qué información nos brindan cada uno de los índices del programa Kubios², programa utilizado para la obtención automatizada de diferentes datos de la frecuencia cardíaca (Mika, *et al.*, 2014). Los índices que se usarán en esta investigación se dividen en tres principalmente: aquellos en el dominio del tiempo; frecuencia cardíaca media (Mean HR) y cambios rápidos mayores a 50 ms (pNN50). Los datos dados por el dominio de frecuencias; frecuencias bajas (LF), frecuencias altas (HF) que reflejan la actividad HRV en el coeficiente de frecuencias (LF/HF). Por último, el resultado no lineal; entropía de Shannon (ShanEn) (Acharya *et al.*, 2006; Billman, 2014).

Mean HR, representa la cantidad promedio de latidos por minuto (Billman, 2014). Esto nos permite saber qué tan rápido o lento latía el corazón al momento de las muestras. pNN50, que mide los cambios rápidos mayores a 50 ms, este índice nos ayuda a observar la posibilidad de la frecuencia cardíaca para cambiar a otros ritmos, es decir, su flexibilidad operativa (Mika, *et al.*, 2014). En el segundo grupo de índices, se encuentra: el coeficiente LF/HF, el cual nos habla de la participación global del SNA, donde valores cercanos a 1,

² En el apartado de 'Procedimiento' se expone los programas que se utilizaron para la presente investigación.

implica una mayor actividad parasimpática, y por encima de éste, una actividad conjunta del sistema simpático y parasimpático. En el tercer grupo tenemos a ShanEn, como el índice que representa la irregularidad en la conducta global de la muestra (Mika, *et al.*, 2014; Antônio, Cardoso & de Abreu, 2014).

Todos estos índices han probado relaciones constantes. A una mayor velocidad de latido cardíaco (Mean HR), menor participación en el sistema parasimpático, es decir, mayor valor en el coeficiente LF/HF (Billman, 2014), disminución en la flexibilidad del latido cardíaco (valores menores de pNN50), y mayor irregularidad en la distribución de las distancias (ShanEn). Entendido esto como la falta de pautas o de ritmos en el latido cardíaco. Resultado observado en un alza del índice ShanEn (Mika, *et al.*, 2014).

3. Objetivos

General

- Comprender el efecto de la escucha musical en la variabilidad de la frecuencia cardíaca.
- Dilucidar si un fenómeno natural, como es el efecto de la música en el sistema fisiológico, nos ayuda a tener herramientas para usos benéficos a futuro, como aplicaciones terapéuticas, deportivas, psicológicas, etcétera.
- Estudiar de manera integral el sistema cogno-musical, a fin de develar propiedades que de manera aislada están ausentes

Particulares

- Reconocer la relación cualitativa entre las propiedades físicas de la música y la frecuencia cardíaca.
- Reconocer los cambios del latido cardíaco a través de un parámetro unidimensional de gusto o disgusto de la música escuchada por los sujetos.
- Reconocer si existen efectos de aumento en la HRV

4. Hipótesis

General

- La escucha musical modifica la variabilidad de la frecuencia cardíaca a través de la naturaleza del gusto del individuo y de los componentes de onda de la pista.

Particulares

- A mayor cantidad de componentes y organización de estos en una pista, aumenta la variabilidad de la frecuencia cardíaca.
- El gusto y disgusto máximos en la escucha musical disminuyen la variabilidad de la frecuencia cardíaca.

5. Procedimiento

5.1 Primera fase

Se tomó ECG (Electrocardiógrafo del Instituto Nacional de Cardiología y Módulo MyDAQ de National Instruments con accesorio para ECG de Vernier Software & Technologies) a siete jóvenes masculinos y femeninos de entre 21 a 29 años de manera aislada. Los participantes estuvieron de acuerdo en la participación experimental y la muestra de los resultados para los fines de la investigación. La toma del ECG para cada individuo se llevó a cabo en una sesión de una hora, la cual estuvo dividida en nueve muestras de seis minutos cada una. Éstas estuvieron dadas en 500 datos por segundo (frecuencia de muestreo) para el dispositivo NI y 90 para el ECG-INC. En todas las muestras el individuo estuvo sentado en la posición que consideró más cómoda.

La primera muestra, denominada muestra de 'reposo', se llevó a cabo en silencio y tuvo la finalidad de relajar al sujeto a un estado basal de su ritmo cardíaco. En esta fase el sujeto además de aclimatizarse al lugar, se acostumbró a los audífonos que silenciaron el ruido del entorno. Los audífonos utilizados para el experimento fueron IWorld de diadema de tecnología hermética, con una respuesta de frecuencia de 20HZ-20KHz y una impedancia de 32 Ohms.

La segunda muestra, al igual que la cuarta, sexta y octava, fueron melodías de diferentes géneros o ritmos musicales dados al azar. Las pistas expuestas fueron desconocidas para los sujetos, a fin de evitar que la reacción de la HRV estuviera sesgada por algún sentido de evocación. Para garantizar que esto fuera posible, se cuestionó si las melodías escuchadas habían sido oídas anteriormente.

Las muestras tres, cinco y siete, fueron espacios en silencio, llamadas 'silencios', que buscaron reconocer el cambio de la frecuencia cardíaca entre la escucha de música y la ausencia de la misma. Esto con el objetivo de comparar las propiedades lineales y no-lineales en ambas condiciones. De esta manera, se esperó que la exposición a cuatro melodías con silencios intercalados evidenciara la respuesta cardíaca en el análisis computacional.

Finalmente, y para poder garantizar que no había otras variables cardio-alterantes se entregó un cuestionario a los sujetos, que abarcaron preguntas sobre su estado de salud, consumo previo de compuesto alterantes y gusto musical para cada una de las pistas expuestas. El gusto se calificó a partir de valores arbitrarios del 1 al 6, siendo 1 disgusto y 6 gusto, para su facilidad de análisis.

A continuación, se expone el cuestionario utilizado para esta fase, y una tabla de las respuestas brindadas por los sujetos de estudio:

Cuestionario Posterior al Experimento

1. ¿Fumas o llevas alguna actividad de desgaste pulmonar? Sí/No ¿Cuál?
2. ¿Sufres de algún padecimiento cardiorespiratorio? Sí/No ¿Cuál?
3. ¿Consideras que estás bajo estrés últimamente? Sí/No
4. ¿Realizas actividades deportivas o ejercicio constantemente? Sí/No
5. ¿Sueles utilizar la música para actividades de concentración, como es estudiar o trabajar? Sí/No
6. Antes de realizar el experimento ¿Qué actividad de las propuestas a continuación realizaste en un margen de 2 horas? (Subrayar)
 - Fumar cigarrillo
 - Tomar café o alguna bebida energizante
 - Tomar algún medicamento
7. ¿Cuántas horas en ayuno pasaron antes de que realizaras el experimento?
8. De las pistas que se te dieron a escuchar ¿qué valores de gusto les darías en una escala de 1 a 6? Donde 1 es el valor de gusto inferior y 6 superior.
9. ¿Consideras que la escucha de música te generó estrés? Sí/No

5.2 Segunda fase

La segunda fase se llevó a cabo en la plataforma computacional Kubios, que despliega los registros, muestra la detección de los picos RR, y calcula diversos índices lineales y no-lineales a partir de los registros RR. La serie de tiempo RR fue obtenida a partir del ECG, de los componentes PQRS. La plataforma especializada en el estudio de ECG, fue entonces el eje principal en la obtención de datos cuantitativos de la frecuencia cardíaca.

5.3 Tercera fase

La tercera fase se llevó a cabo en la plataforma MatLab (procedencia Massachussets E.U.A.). Los análisis para este punto fueron de tipo cualitativo. Con el software MatLab mediante un algoritmo *ad hoc*, se obtuvieron los espectrogramas de las diferentes pistas utilizadas. Se buscó con ello tipificar las pistas en relación a sus componentes de onda para organizarlas cualitativamente.

Los rubros para dicha categorización fueron los siguientes: 1) *rango de aparición de las frecuencias* (ancho de banda); a mayor rango, mayor puntuación en la tipificación de la complejidad musical cualitativa. Donde 1 fue nulo y 3 observable. Esto debido a que una mayor cantidad de componentes de onda (ondas que forman la onda total) implican una organización musical, que una de menor cantidad. Se reconoce que una melodía se hace menos simple a partir de la conjunción de elementos sonoros, por lo que, utilizar dicha característica para la tipificación resulta necesario (Percino, Klimex & Thurner, 2014; Vuust & Witek, 2014; Brattico, Brattico & Vuust; 2017). 2) *Diferenciación de las frecuencias*; así, una discretización observable de las frecuencias se valúa en 3, y la ausencia de la mismas en 1. De tal forma que la falta de espacialidad entre las frecuencias sonoras, determine si la estructura se acerca a la denominación de música o al ruido (Basner *et al.*, 2014; Kliuchko *et al.* 2015) Por último 3), el criterio de *diversificación de potencia* en las frecuencias agregó un valor de 3, 2 y 1, en relación al decaimiento de su diversidad. Es decir que la amplitud entre las ondas no se traslapara a fin de obtener una melodía satisfactoria (Staum & Brotons, 2000; Bales, 2010; Teie, 2016) El promedio de los primeros dos rubros se sumó al tercero para obtener un segundo promedio que fue utilizado para clasificar a las pistas en una escala discreta de 1, 2 y 3 Calidad Musical Cualitativa (CMC). La razón de esta operación es que tanto los rubros de cantidad y discreción son equiparables en un sistema lineal, y diversidad en uno no-lineal. De tal caso que la tercera característica tuvo mayor peso que las dos primeras para la ecuación:

$$CMC = ((X + Y)/2) + Z / 2$$

Donde:

X = Puntuación por rango de frecuencias (1 o 3)

Y = Puntuación por discreción de frecuencias (1 o 3)

Z = Diversidad de potencia de frecuencias (1, 2 o 3)

5.4 Cuarta fase

Por último, los análisis se dividieron en dos secciones; uno de carácter individual y otro general. En el primero se compararon los cambios ascendentes y descendentes de los valores en los índices de un evento de silencio a uno de escucha (cambios *Ipso facto*) y de las escuchas a los silencios subsecuentes (cambios *a posterior*). Ambos tipos de cambio graficados e indicados con colores rojo para gusto alto o CMC 3, verde en gusto medio o CMC 2 y azul en gusto bajo o CMC 1. La razón de la coloración para gusto o CMC, quedó determinada en razón de cuál de los dos parámetros tuvo mejor efecto explicativo para

los cambios obtenidos. En aquellos cambios en los que ni el gusto ni el CMC tuvieron asociación fueron descartados y dados como resultados nulos.

En el análisis general se generaron promedios en dos rubros con tres grupos; gusto bajo, medio y alto y CMC 1, 2 y 3, a los cuales se les aplicó su desviación estándar. Adicionalmente los grupos se compararon entre sí por medio de la prueba t de student, para reconocer su heterogeneidad.

6. Resultados

A continuación, se muestran los resultados arrojados por los cuestionarios, índices y clasificación de las pistas en la escala de CMC.

Sujeto	R1	Razón	R2	Razón	R3	R4	R5	R6	R7	R9
1	No	-	No	-	Sí	No	Sí	-	4 hr	No
2	No	-	No	-	Sí	Sí	No	-	2 Hr	No
3	Sí	Fumar	No	-	Sí	Sí	Sí	-	2 Hr	No
4	No	-	No	-	No	No	No	-	7 Hr	No
5	Sí	Fumar	No	-	Sí	No	Sí	2	3 Hr	Sí
6	Sí	Fumar	No	-	No	Sí	Sí	2	2 Hr	No
7	No	-	No	-	Sí	Sí	No	2	3 Hr	No

Tabla 1. Respuestas del cuestionario por cada sujeto. Las columnas R, marcan el número de respuesta. Mientras que 'Razón', responde a la pregunta '¿Por qué?' de las preguntas 1 y 2.

Para lo obtención de los índices, estos fueron tomados de los resultados arrojados por Kubios. A continuación, se muestra un ejemplo del resultado de una muestra de un sujeto de estudio. Lo que vemos en la figura 8 es la serie de tiempo RR. Es decir, los valores que corresponden a los intervalos de tiempo RR en los 5 minutos de la muestra. Las frecuencias con las que se repiten estas variaciones pueden contabilizarse a través de la FFT, generando un espectro de frecuencias que observamos en la figura 9. Resultado que nos permite reconocer los principales componentes de frecuencia del ciclo cardíaco, es decir, con qué frecuencia se repiten los eventos más reconocibles en un ciclo de actividad del corazón, o bien, cuáles son los componentes en frecuencia de las variaciones de los intervalos RR.

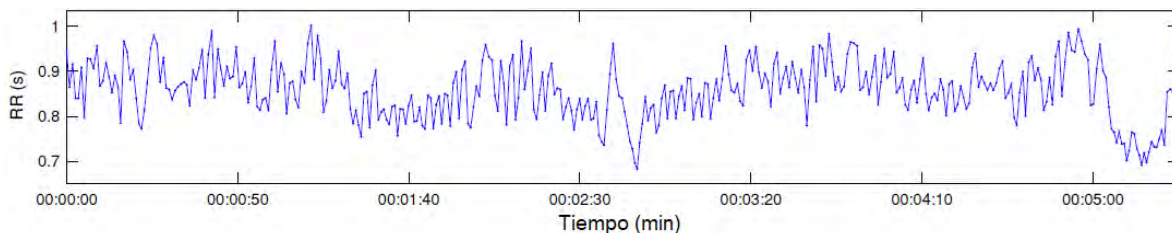


Figura 8. Serie de tiempo RR. Cambios en los intervalos de RR durante los 5 minutos de la muestra del ECG.

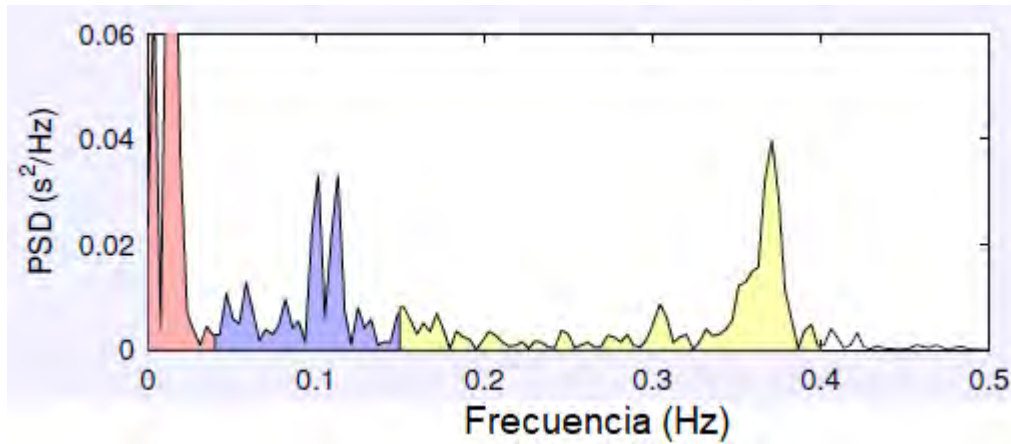


Figura 9. Espectrograma de la FFT. El eje de las X corresponde a las diferentes frecuencias generadas por los intervalos RR de la figura 4. Mientras que en el eje Y, se representa la densidad de dichas frecuencias. En color rosado, se observan las frecuencias ultra bajas (VLF), en azul las bajas (LF) y amarillo las altas (HF) para este sistema.

Lo que se genera de este análisis son los índices que se muestran en las siguientes tablas (Tabla 2).

CMC	Gusto	Sujeto 1	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	71.48	42.0	2.85	1.24
2	3	Smile	70.46	40.3	0.73	2.93
		Recuperación I	66.94	46.2	0.38	3.47
1	3	Vergüenza	67.13	42.6	0.86	2.88
		Recuperación II	68.53	33.4	0.95	2.88
3	5	Marche slave	65.08	51.1	0.27	3.02
		Recuperación III	67.41	47.4	0.93	2.70
2	4	Something about you	69.74	43.6	0.73	2.68
		Recuperación IV	138.6	8.9	0.69	2.77
CMC	Gusto	Sujeto 2	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	74.12	17.0	8.23	3.03
2	4	Assimilate	70.33	15.0	0.67	2.81
		Recuperación I	70.32	23.6	0.59	2.67
2	6	Crave you	68.98	40.3	0.26	2.85
		Recuperación II	67.24	43.9	0.16	2.76
3	5	Spring Waltz	67.48	18.0	1.01	2.83
		Recuperación III	67.64	31.9	0.37	2.79
2	5	Water no get enemy	69.79	22.3	0.74	3.03
		Recuperación IV	69.85	28.2	0.54	2.66
CMC	Gusto	Sujeto 3	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	75.26	8.3	1.10	2.77

2	5	Water no get enemy	78.24	7.2	0.78	2.86
		Recuperación I	77.82	8.7	1.00	2.98
2	6	Us	78.57	4.1	2.32	2.87
		Recuperación II	78.33	3.0	1.78	2.77
1	1	El precio de mis errores	82.87	2.1	1.83	3.17
		Recuperación III	84.76	2.4	2.33	3.17
3	5	Spring Waltz	80.85	6.8	1.16	2.75
		Recuperación IV	80.99	5.7	0.93	2.76
CMC	Gusto	Sujeto 4	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	70.46	21.7	3.68	3.46
1	1	Después de ti, quién	67.95	22.7	2.13	3.23
		Recuperación I	68.86	25.3	4.16	3.34
2	2	1998	67.73	23.3	4.09	3.53
		Recuperación II	66.51	26.6	2.10	3.60
1	4	St. Anger	67.65	30.1	3.12	3.19
		Recuperación III	68.66	28.0	5.55	3.35
3	5	Marche slave	69.26	24.5	4.66	3.59
		Recuperación IV	68.27	21.6	9.88	3.43
CMC	Gusto	Sujeto 5	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	63.31	26.4	0.48	2.94
3	2	Ocean of sounds	63.27	33.1	0.82	2.83
		Recuperación I	62.98	30.7	2.46	2.82
2	3	Glue	65.93	48.7	1.30	3.56
		Recuperación II	62.43	49.4	1.74	2.77
1	1	Afrikaans is dood	66.74	18.6	3.80	3.32
		Recuperación III	63.51	32.1	1.98	2.91
2	6	Love Foolosophy	61.48	34.2	0.89	2.93
		Recuperación IV	61.54	44.5	0.74	2.96
CMC	Gusto	Sujeto 6	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	47.63	45.2	1.55	2.74
1	2	Después de ti, quién	48.45	42.3	0.67	2.86
		Recuperación I	48.27	46.6	0.71	2.52
2	4	Cyberia	49.23	45.1	0.79	3.31
		Recuperación II	49.21	54.3	1.03	2.67
1	1	Afrikaans is dood	48.58	48.9	1.29	2.80
		Recuperación III	50.64	53.4	1.61	3.53
3	5	Ocean of sounds	47.88	46.7	1.17	3.39
		Recuperación IV	50.58	55.5	1.01	3.03

CMC	Gusto	Sujeto 7	Mean HR (1/min)	pNN50 (%)	LF/HF	ShanEn
		Reposo	66.44	19.0	0.56	2.86
3	4	Ocean of sounds	65.03	25.4	0.58	2.71
		Recuperación I	60.75	35.7	0.84	2.53
1	1	Después de ti, quién	65.61	17.3	1.02	2.96
		Recuperación II	62.48	36.0	1.36	2.56
2	5	Us	65.95	22.2	0.67	2.92
		Recuperación III	66.18	20.2	1.00	3.06
1	4	St. Anger	66.64	14.2	0.78	3.00
		Recuperación IV	64.73	28.3	0.56	2.94

Tabla 2. Resultados de los índices Mean HR, pNN50 LF/HF y ShanEn, arrojados por Kubios por muestra de cada sujeto de estudio. Los valores en las columnas de CMC y Gusto, corresponden a aquellos dados por pista.

A continuación, se muestra un ejemplo de un espectrograma en el tiempo y uno arrojado por la FFT para una pista valuada en CMC 1:

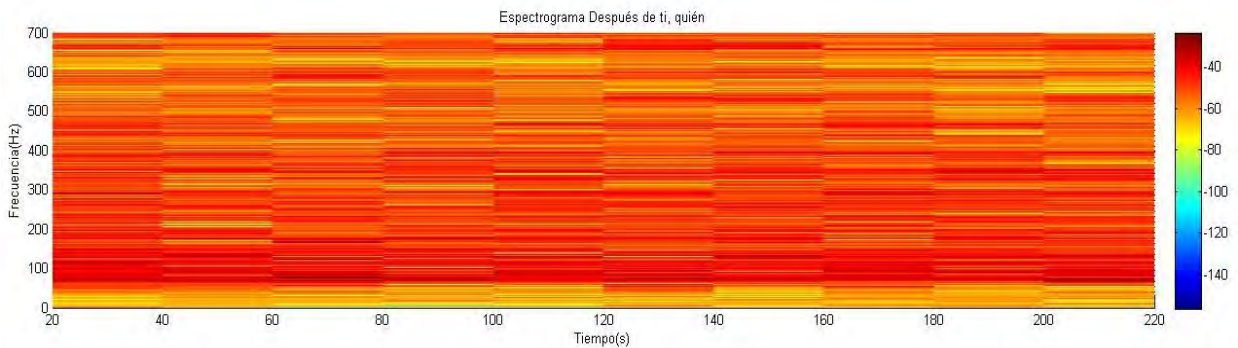


Figura 10. Espectrograma generado por MatLab de la pista 'Después de ti, quién'. El eje de las X corresponde al dominio del tiempo y Y las frecuencias en Hz. El color corresponde a la potencia o amplitud en el que se presentaron dichas frecuencias. Una saturación de las potencias para todas las frecuencias, nos habla de una organización menor entre las frecuencias, ya que éstas se encuentran superpuestas unas en otras dentro de la pista.

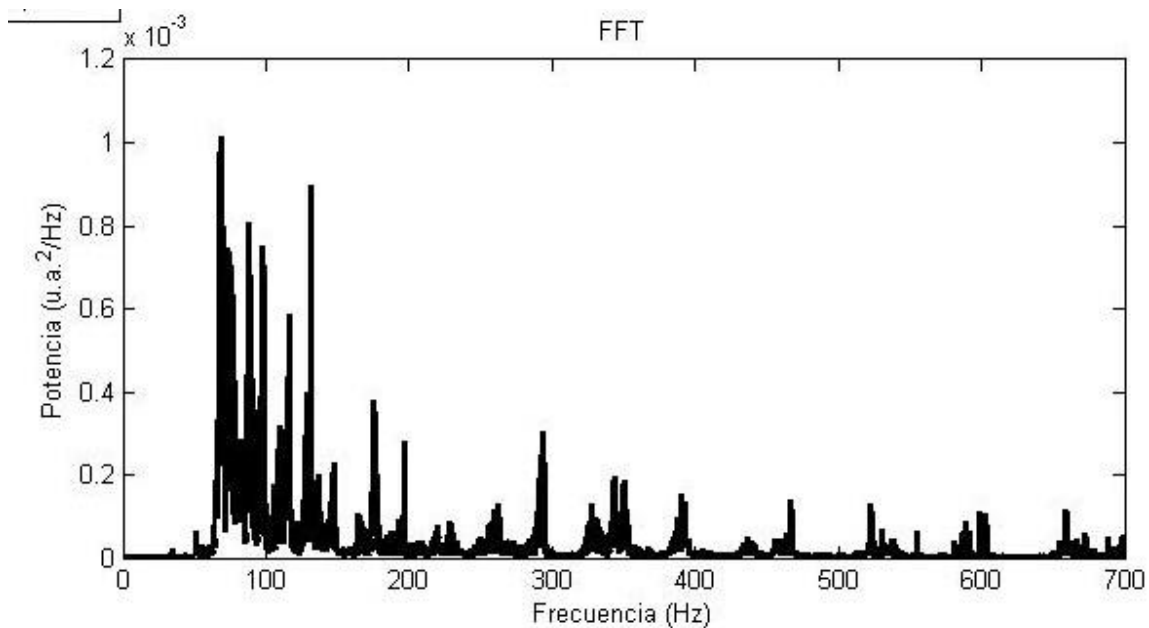


Figura 11. Espectrograma de FFT generado por MatLab para la pista 'Después de ti, quién'. El eje de las X corresponde a la frecuencia de aparición de las frecuencias de sonido en el dominio del tiempo, medida como la energía liberada durante toda la pista. El eje Y numera las frecuencias de sonido aparecidas en la pista. Una menor separación entre las frecuencias en el eje Y, nos habla de la poca definición de las ondas de sonido en la pista. El rango de frecuencias que abarca la pista, por otro lado, se entiende como la cantidad de componentes de onda que hay en la pista.

A continuación, se muestra un ejemplo de un espectrograma en el tiempo y uno arrojado por la FFT para una pista valuada en CMC 2:

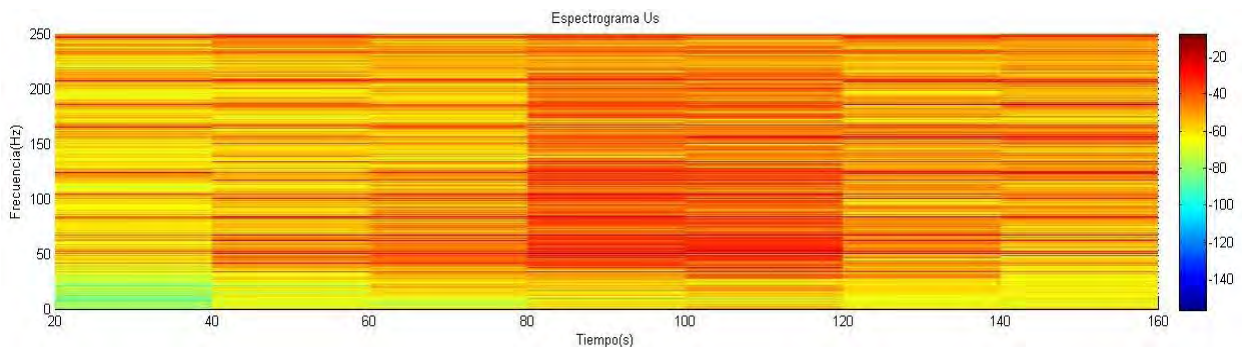


Figura 12. Espectrograma generado por MatLab de la pista 'Us'. El eje de las X corresponde al tiempo y Y al dominio de las frecuencias. El color corresponde a la potencia o amplitud en el que se presentaron dichas frecuencias.

Nótese que a diferencia de la figura 12, para el caso de la pista 'Us', el espectrograma en el tiempo muestra una distribución más heterogénea de las potencias de frecuencias. Es decir, que las frecuencias están menormente superpuestas de lo que se hayan en 'Después de ti, quién'. Esto nos habla de que 'Us' tiene una organización mayor de sus componentes de onda.

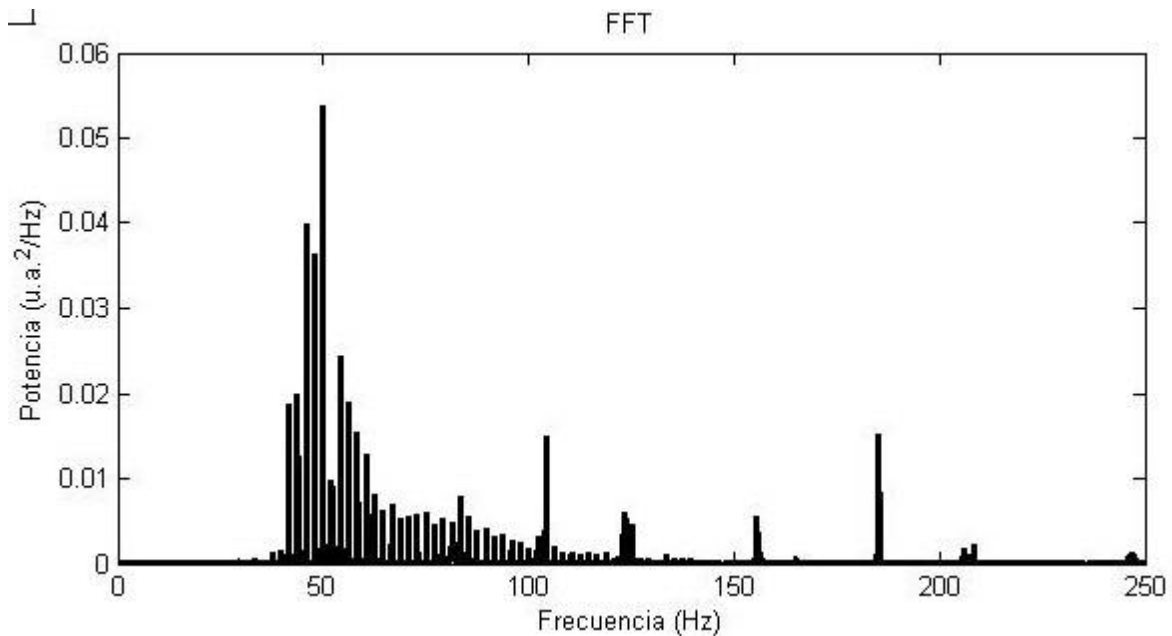


Figura 13. Espectrograma de FFT generado por MatLab para la pista 'Us'. El eje de las X corresponde a la frecuencia de aparición de las frecuencias de sonido en el dominio del tiempo. El eje Y numera las frecuencias de sonido aparecidas en la pista.

En la figura 13 podemos observar que las frecuencias de sonido en el eje de las Y, se distinguen con mayor claridad de lo que ocurre con la pista 'Después de ti, quién', la cual tiene sus componentes de onda traslapados entre sí. Por otro lado, la cantidad de componentes de onda para 'Us' abarca desde 40 Hz hasta 250 Hz; un rango menor al que presenta 'Después de ti, quién' que va desde los 50 Hz hasta los 700 Hz. Lo que sitúa a 'Us' en un CMC 2, y no 3, por su mínima cantidad de componentes de onda con respecto a las otras pistas analizadas.

A continuación, se muestra un ejemplo de un espectrograma en el tiempo y uno arrojado por la FFT para una pista valuada en CMC 3:

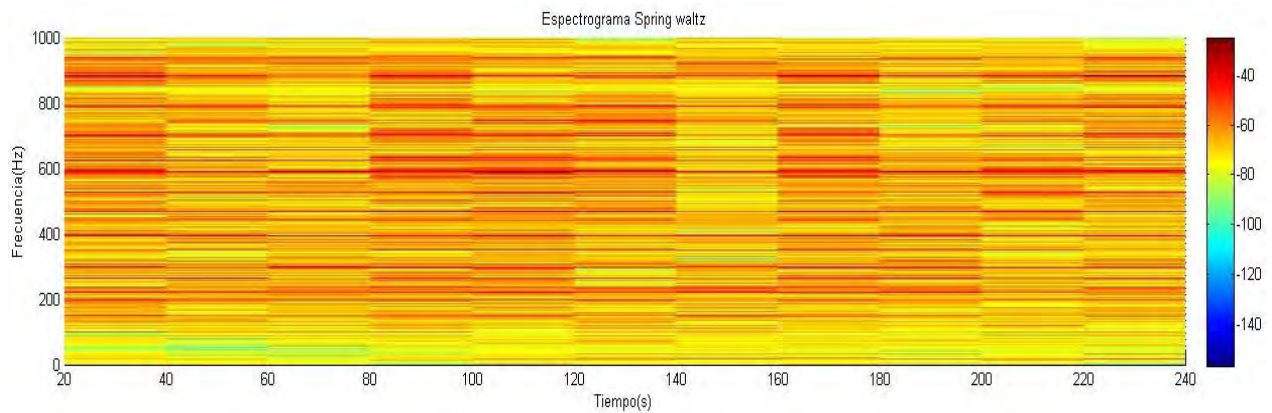


Figura 14. Espectrograma generado por MatLab de la pista 'Spring waltz'. El eje de las Y corresponde a las frecuencias y el X al dominio del tiempo. El color corresponde a la potencia o amplitud en el que se presentaron dichas frecuencias.

En el espectrograma de la figura 14, se puede reconocer que a diferencia de las pistas valuadas en CMC 1 y 2, 'Spring waltz' tiene una distribución heterogénea de potencias en sus frecuencias. Esto es observable a partir de la gama de colores, que abarcan desde los rojos hasta los azules en algunos puntos. Lo cual denota diferencias entre la amplitud de las frecuencias en el tiempo para 'Spring waltz'.

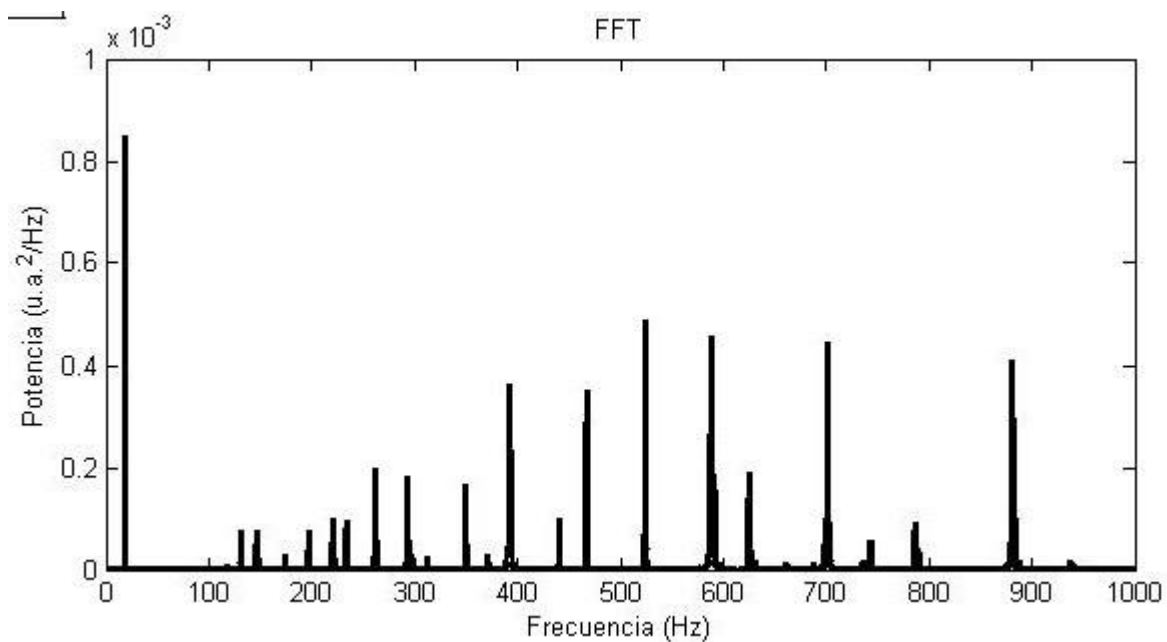


Figura 15. Espectrograma de FFT generado por MatLab para la pista 'Spring waltz'. El eje de las X corresponde a la frecuencia de aparición de las frecuencias de sonido en el dominio del tiempo. El eje Y numera las frecuencias de sonido aparecidas en la pista.

Lo que observamos en la figura 15, es una discretización de las frecuencias de onda mucho más evidente que en 'Después de ti, quién' y 'Us', además de un rango mayor de dichos componentes, que va de los 25Hz hasta los 950Hz. Lo que supone dos cualidades en 'Spring waltz' una mayor cantidad y organización de elementos sonoros.

Nombre	Rango	Puntuación	Discreción	Puntuación	Promedio Parcial	Diversidad	Puntuación Final	CMC
1998	180	1	Sí	3	2	2	2	2
Afrikaans is dood	100	1	No	1	1	2	1.5	1
Assimilate	120	1	Sí	3	2	2	2	2
Crave you	400	3	No	1	2	2	2	2
Cyberia	575	3	No	1	2	2	2	2
Después de ti, quién	650	3	No	1	2	1	1.5	1
El precio de mis errores	350	3	No	1	2	1	1.5	1
Glue	220	3	Sí	3	3	2	2.5	2
Hasta el fin del mundo	300	1	No	1	1	1	1	1
Love Foolosophy	200	1	Sí	3	2	2	2	2
Marche slave	140	1	Sí	3	2	3	2.5	3
Ocean of sound	600	3	Sí	3	3	3	3	3
Smile	160	1	Sí	3	2	3	2.5	2
Something about you	160	1	Sí	3	2	2	2	2
Spring Waltz	900	3	Sí	3	3	3	3	3
St. Anger	225	3	No	1	2	1	1.5	1
Us	220	1	Sí	3	2	2	2	2
Vergüenza	700	1	No	1	1	1	1	1
Water no get enemy	460	3	No	1	2	2	2	2

Tabla 3. Valores de CMC asignados para cada pista a través de los rubros de rango, discreción y diversidad de componentes de onda.

El promedio para evaluar el rango de frecuencia fue de 345.5. Obtenido de:

$$\bar{x} = \frac{\sum Fr}{2}$$

Donde la sustitución de valores sería:

$$345.5 = \frac{6916}{2}$$

Los rangos por encima del valor promedio son valuados en 3 y aquellos por debajo en 1.

6.1 Análisis individual

La presentación de los resultados se expondrá aunado al análisis argumentativo de los mismos. De esta manera se pretende comprender e interpretar los resultados de tal forma que no queden aislados de los sujetos de estudios y que, por tanto, los incluya como parte de la tesis. Se espera que la incorporación de un análisis argumentativo en los datos numéricos tenga un mayor potencial explicativo, que la llana explicación lineal de los resultados (Quine, 1974; Stroud, 2002; Zoluaga, 2012). Asimismo, si separamos el análisis en individual y grupal, la facultad para entrever el fenómeno que subyace a una relación como lo es la escucha musical y la HRV, puede ser si no exacta, sí más incluyente. El objetivo principal de este análisis, entonces, es proponer una forma alternativa de observar y comprender el fenómeno natural como consecuencia de la interacción sujeto-objeto.

No se busca obtener una estandarización de los individuos, sino dar cuenta de cada uno de ellos y de las razones que hay detrás del comportamiento de los índices. Es importante estudiar el fenómeno desde este enfoque, porque a diferencia de otras tesis, y elaboraciones de investigación, no se intenta disminuir o eliminar la variabilidad de los resultados. No es objetivo de este texto demarcar un patrón general que extienda su análisis de manera deductiva a todos los resultados. Sino que, a partir de los resultados conseguidos por individuo, se formalicen sus causas, y de ser posible, su inducción (Russell, B. 1986; Stroud, 1995; Zoluaga, 2012).

Explicaré las diferentes relaciones de datos que se hallaron en cada sujeto. Específicamente se buscará resolver las siguientes preguntas ¿El gusto y/o CMC determinaran el comportamiento de la HRV? Si esto último es así ¿En qué sentido? En la medida que avancemos reconoceremos propuestas para dilucidar dichas interacciones.

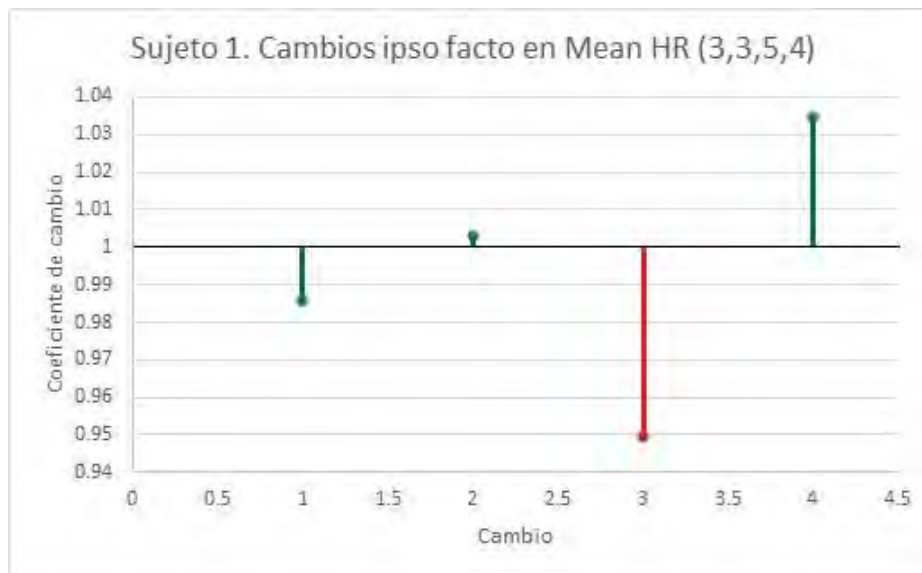
Las propuestas para todos los sujetos son:

1. Efectivamente el gusto y CMC deberían generar cambios en la frecuencia cardíaca, sin embargo, podrían no ser evidenciables ante las técnicas utilizadas.
2. El gusto máximo podría generar dos tipos de reacciones, aquellas de índole excitadora (por un gusto de efusividad) y las inhibitoras (por un placer derivado de la relajación).
3. Sí los individuos reaccionan a la CMC, podría ser evidenciable en diferentes grados por cada uno de los índices. Es decir, no todos los índices son susceptibles de reflejar las modificaciones del sistema cardíaco.

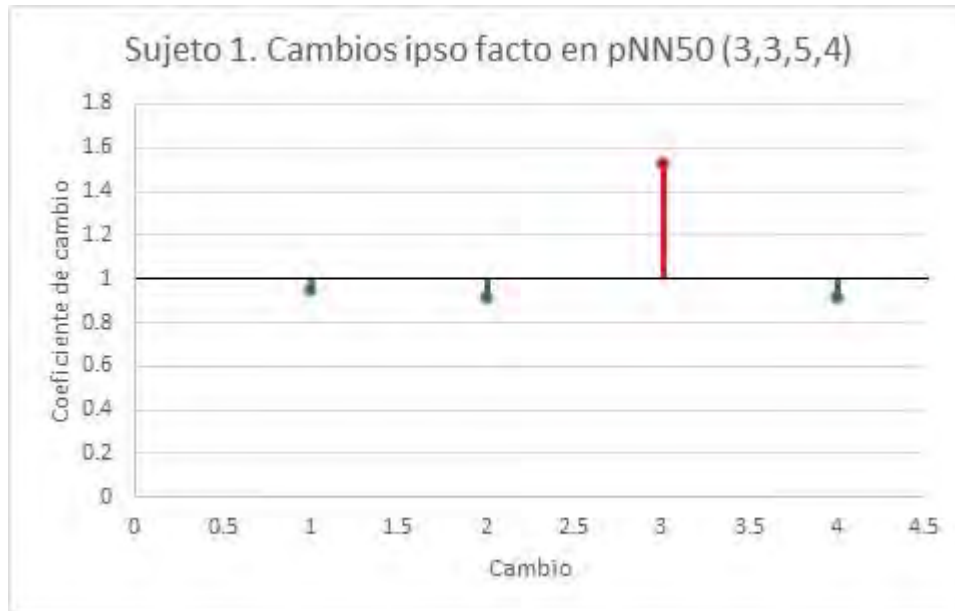
4. Dado que los individuos y los momentos de cada uno de los experimentos difieren entre sí, es posible que los índices no muestren la misma sensibilidad para cada uno de los sujetos.
5. Las relaciones entre variables pueden ser de índole paralela o inversamente paralela, es decir, que aumentan o disminuyen conjunta o contrariamente, y no proporcionalmente ni de manera constante.

6.1.1 Sujeto 1

En el sujeto 1 los cambios *ipso facto* en Mean HR se observó un descenso considerable en el cambio del tercer silencio (S3) a la tercera escucha (E3), es decir, que disminuyó la velocidad del latido cardiaco (Gráfica 1). En pNN50 *ipso facto* se reconoció un ascenso en el mismo cambio S3-E3, lo cual implica un aumento en la flexibilidad de la frecuencia cardiaca para cambiar de ritmo (Gráfica 2). Una condición que se soporta con la disminución de Mean HR.

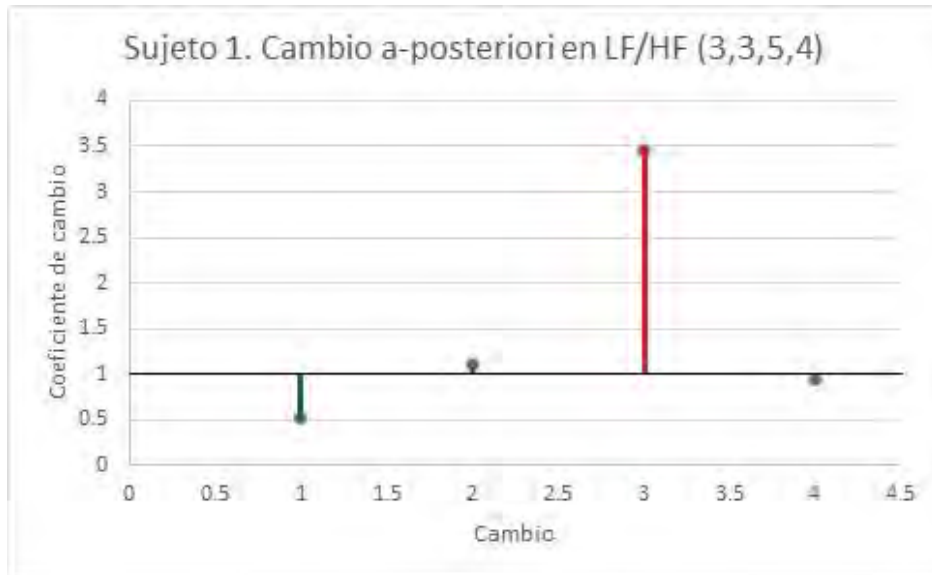


Gráfica 1. Dirección de cambio en los valores de Mean HR entre los silencios y las escuchas subsecuentes. En verde se muestran los cambios de los silencios 1, 2 y 4 a las escuchas 1, 2 y 4, respectivamente. En rojo se observa el cambio ascendente de la S3 a la E3.

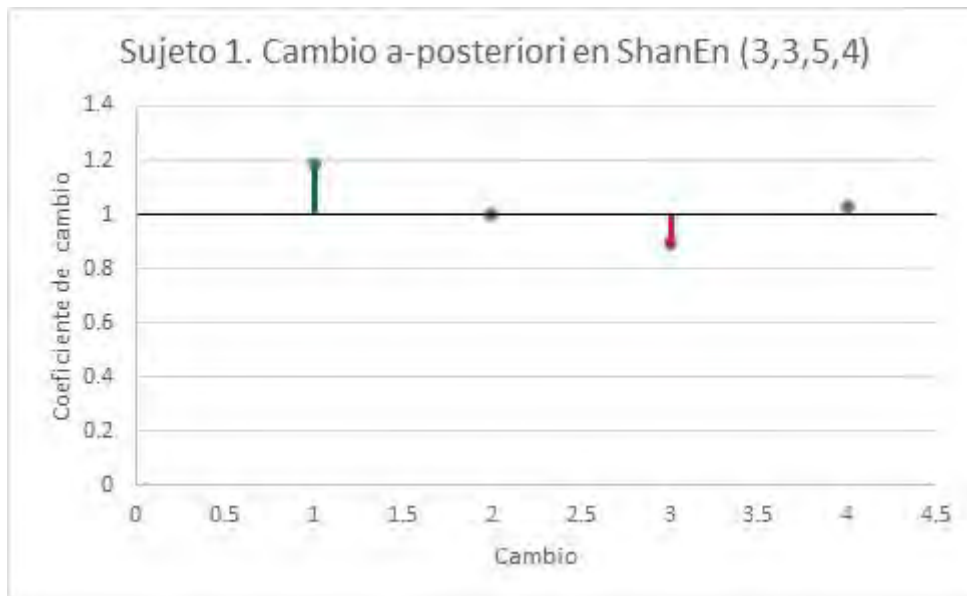


Gráfica 2. Dirección de cambio en los valores de pNN50 entre los silencios y las escuchas subsiguientes. En verde se muestran los cambios de los silencios 1, 2 y 4 a las escuchas 1, 2 y 4, respectivamente. En rojo se observa el cambio ascendente de la S3 a la E3.

En lo respecta a LF/HF el coeficiente marcó un ascenso del tipo *a-posteriori* de la E3 al cuarto silencio (S4) (Gráfica 3). De lo que se sigue un comportamiento en el aumento de la HRV causado por la E3. Consistente con estos tres cambios, *ShanEn ipso facto*, tuvo un descenso en S3-E3, lo que supone una disminución en la homogeneidad de las distancias RR debido a la E3 (Gráfica 4). Así, el que la E3 generara cambios diferenciales con respecto a las otras escuchas, podría sugerir que el gusto alto valuado por el sujeto 1, incide en el comportamiento cardíaco.



Gráfica 3. Dirección de cambio en los valores de LF/HF entre las escuchas y los silencios subsecuentes. En verde se muestran los cambios de las escuchas 1, 2 y 4 a los silencios 2, 3 y 5, respectivamente. En rojo se observa el cambio ascendente de la E3 a la S4.

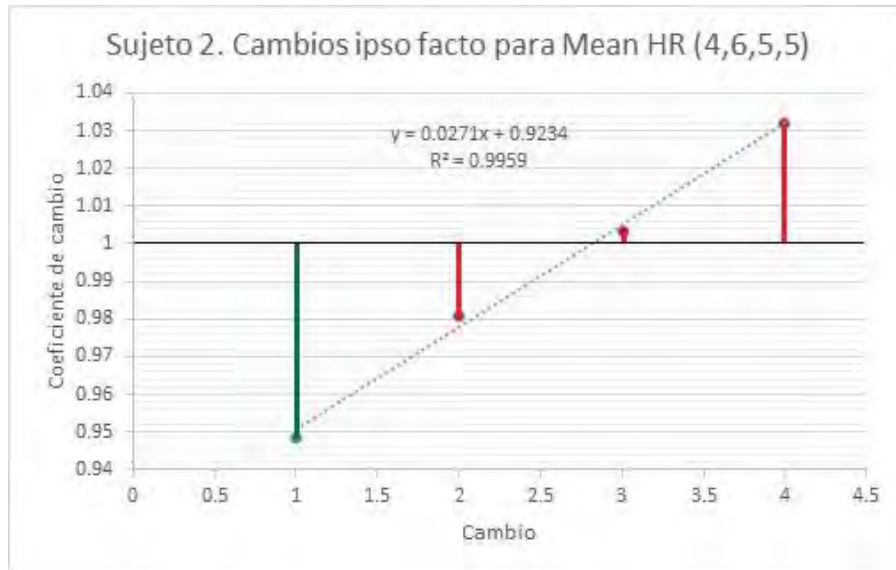


Gráfica 4. Dirección de cambio en los valores de ShanEn entre las escuchas y los silencios subsecuentes. En verde se muestran los cambios de las escuchas 1, 2 y 4 a los silencios 2, 3 y 5, respectivamente. En rojo se observa el cambio ascendente de la E3 a la S4.

6.1.2 Sujeto 2

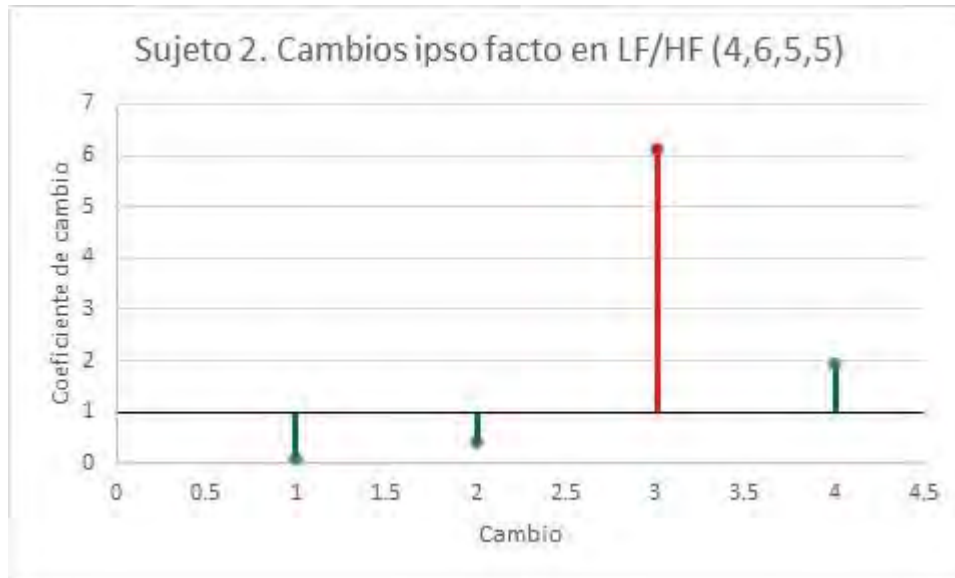
Mean HR tuvo un comportamiento de cambio *ipso facto* aparentemente constante durante todo el experimento (Gráfica 5). Lo que implica una relación de cambio constante

al alza en la velocidad de la frecuencia cardiaca. Es decir, un corrimiento del punto de ajuste, entendido como un proceso de alostasis (Sterling, 2004).

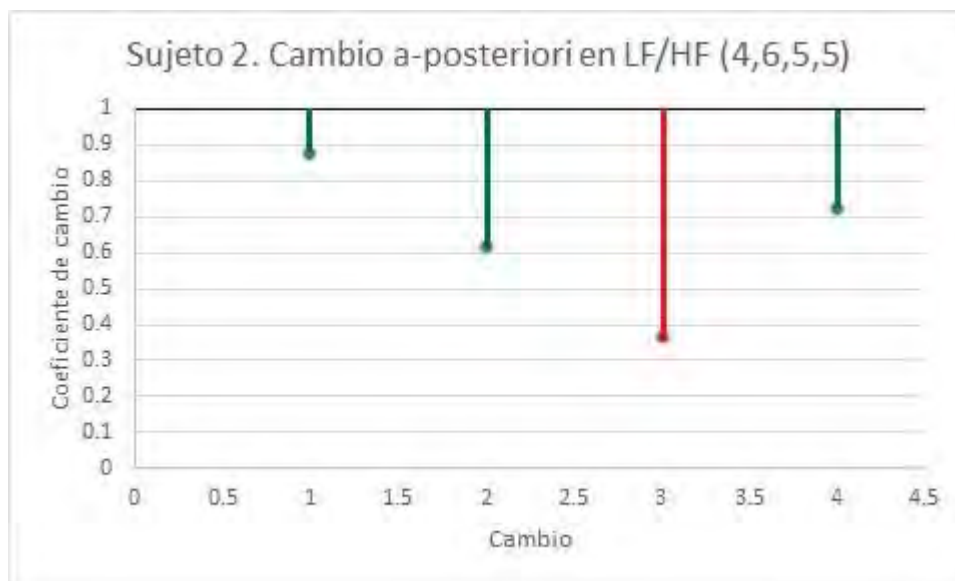


Gráfica 5. Dirección de cambio en los valores de Mean HR entre los silencios y las escuchas subsecuentes. En verde se muestran el cambio del S1 a la E1 (gusto medio). En rojo se observan los cambios de los S2, S3 y S4 a las E2, E3 y E4, respectivamente (gusto alto). La regresión lineal muestra la condición de cambio constante (R^2 cercano a 1).

LF/HF tanto *ipso facto* como *a-posteriori* mostraron cambios en la S3-E3 y E3-S4 respectivamente en relación a los valores de CMC (Gráficas 6 y 7). Donde la E3 se valuó con un índice de 3, y la E1, E2 y E4 en CMC 2. LF/HF *ipso facto* ascendió al momento de la E3, reflejando la disminución en la participación del sistema parasimpático. Mientras en el cambio *a-posteriori* tuvo un mayor descenso comparado con los otros cambios. Lo que sugiere que la E3 con CMC 3 condujo a una exacerbación del sistema cardiaco en lo referente a la actividad del SNA.



Gráfica 6. Dirección de cambios en LF/HF de los silencios a las escuchas subsecuentes. En verde se muestra el cambio de los S1, S2 y S4 a las E1, E2 y E4, respectivamente (CMC 2). En rojo se observan el cambio del S3 a la E3 (CMC 3).

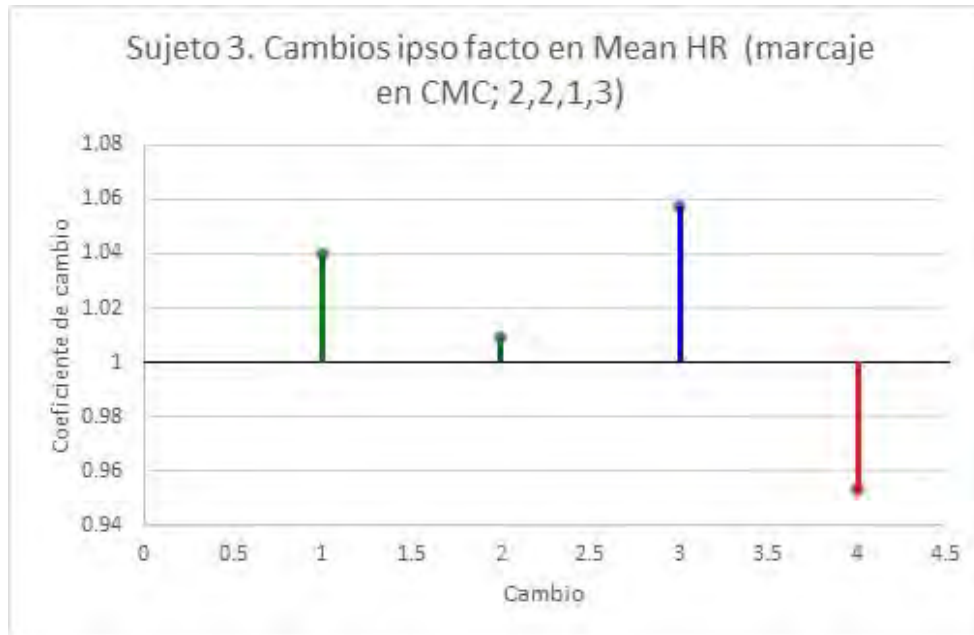


Gráfica 7. Dirección de cambios en LF/HF de las escuchas a los silencios subsecuentes. En verde se muestran los cambios de las E1, E2 y E4 a las S2, S3 y S5, respectivamente (CMC 2). En rojo se observan el cambio de la E3 al S4 (CMC 3).

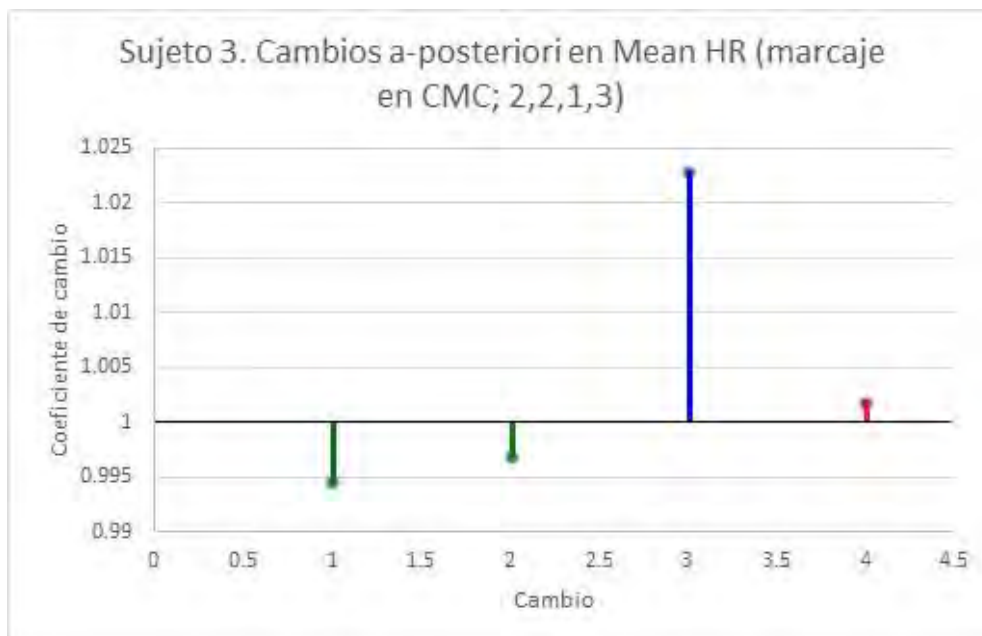
6.1.3 Sujeto 3

En el sujeto 3 se encontraron relaciones de cambio con la variable CMC en lugar de gusto como lo habían mostrado el sujeto 1 y 2. Se obtuvo de éste un cambio *ipso facto* descendente en Mean HR de forma del S4 a la E4 (Gráfica 8). Lo que se interpreta como la relajación del miocardio ante la escucha de la pista de CMC 3. Resultado que se apoya en

los cambios de Mean HR *a posteriori*, donde la E3 generó un alza hacia S4, donde la E3 fue valuada en CMC 1 (Gráfica 9).

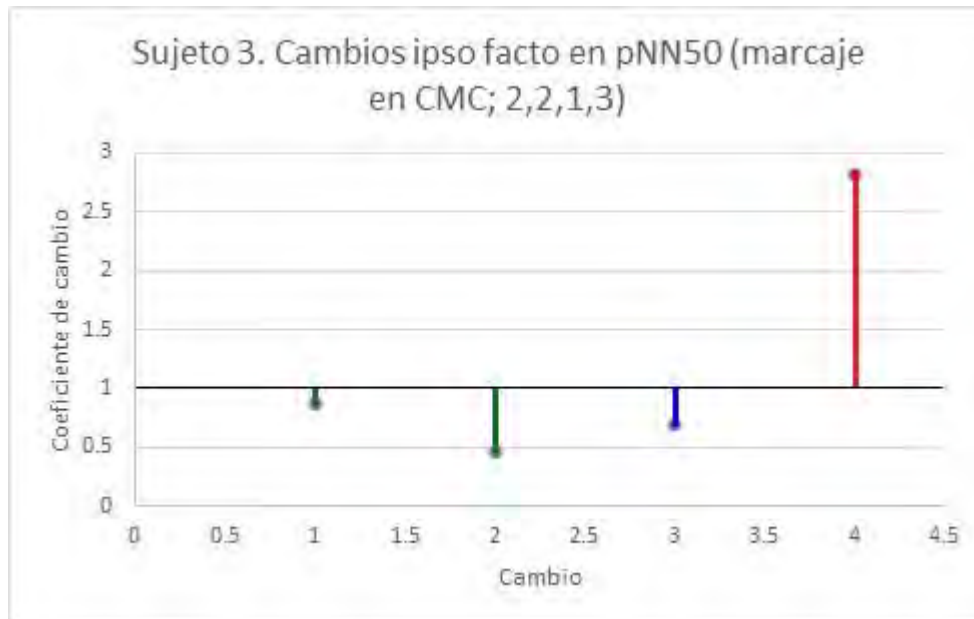


Gráfica 8. Dirección de cambios en Mean HR de los silencios a las escuchas subsecuentes. En verde se muestra el cambio de los S1 y S2 a las E1 y E2, respectivamente (CMC 2). En azul el cambio de S3 a E3 y en rojo de S4 a la E4 (CMC 3). El último cambio de manera descendente se asocia a la escucha de la pista con un CMC alto (3).



Gráfica 9. Dirección de cambios en Mean HR de las escuchas a los silencios subsecuentes. En verde se muestran los cambios de las E1 y E2 a las S2, S3, respectivamente (CMC 2). En azul el cambio de la E3 al S4 (CMC 1). Y por último en rojo el cambio de E4 a S5 (CMC 3). Al marcar los cambios en relación a los valores de CMC, no se observa un patrón reconocible.

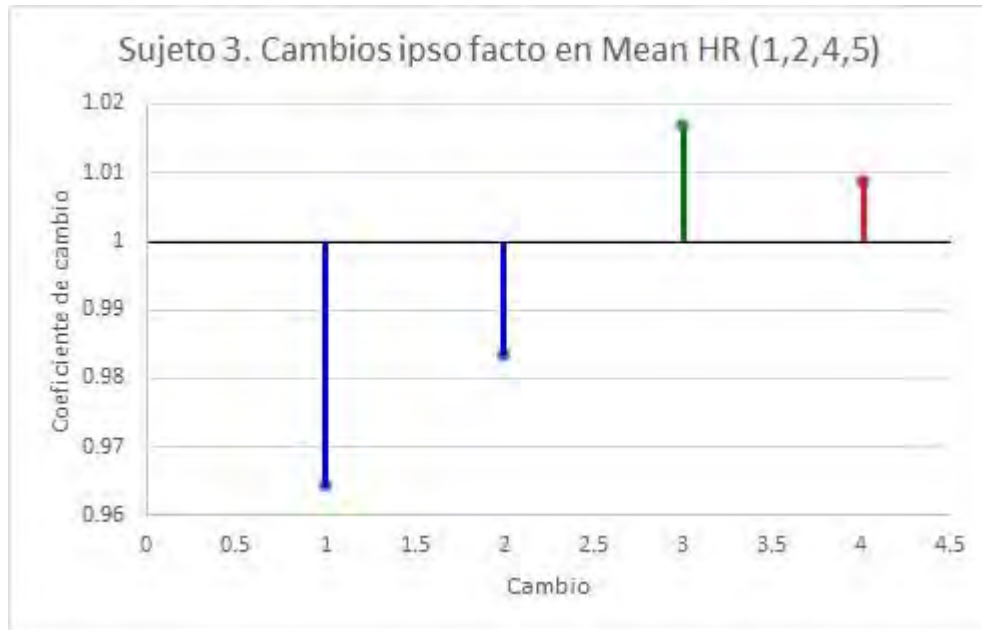
Adicionalmente pNN50 *ipso facto* develó un ascenso en el cambio S4-E4 soportado por un descenso en el mismo punto en Mean HR *ipso facto* (Gráfica 10). Suponiendo así, una asociación entre la E4 de mayor CMC y la flexibilidad y relajación del corazón, e inversamente para la E3 de menor valor CMC (1).



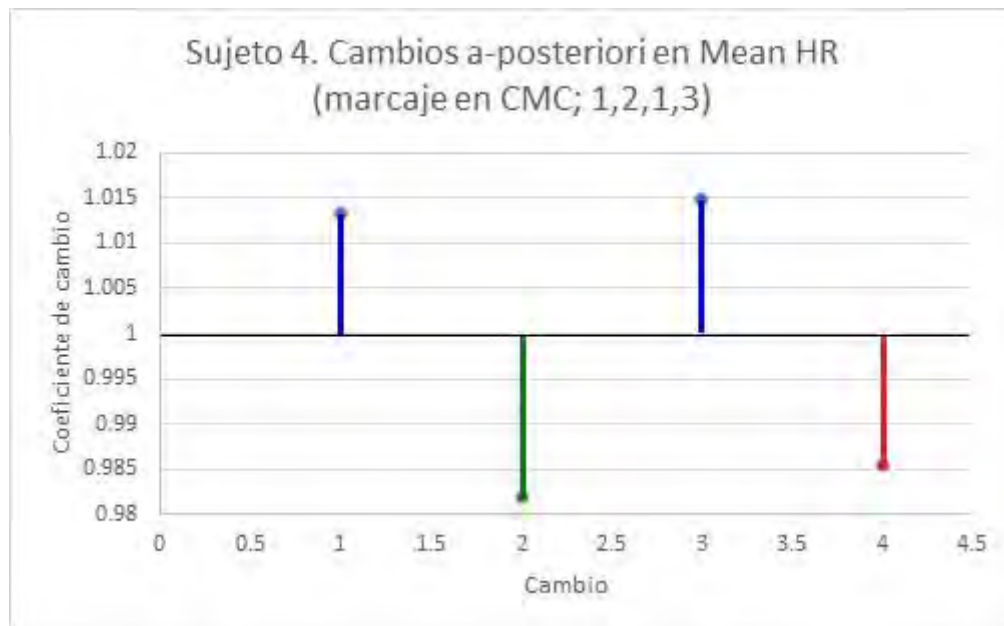
Gráfica 10. Dirección de cambios en pNN50 de los silencios a las escuchas subsecuentes. En verde se muestra el cambio de los S1 y S2 a las E1 y E2, respectivamente (CMC 2). En azul el cambio de S3 a E3 y en rojo de S4 a la E4 (CMC 3). El último cambio de manera ascendente se asocia a la escucha de la pista con un CMC alto (3).

6.1.4 Sujeto 4

En el sujeto 4 Mean HR presentó correspondencia en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* gusto y CMC, respectivamente (Gráficas 11 y 12). En lo que respecta a Mean *ipso facto*, se observaron dos descensos en los cambios S1-E1 y S2-E2, ambas escuchas valuadas con gusto bajo (1 y 2) por el sujeto 4. Un resultado inesperado y en contra de la hipótesis propuesta. Donde los gustos bajos, se pensaría generan estrés y, por tanto, un alza en la velocidad del latido cardiaco. Mean HR *a-posteriori*, en cambio, tuvo dos ascensos en E1-S2 y E3-S4, donde las pistas de dichas escuchas coinciden con la CMC más baja. Así, el que la pista sea de menor CMC parece haber generado en el individuo un aumento en la frecuencia del latido cardiaco.



Gráfica 11. Dirección de cambios en Mean HR de los silencios a las escuchas subsecuentes. En azul se muestran los cambios de los S1 y S2 a las E1 y E2, respectivamente (gusto bajo). En verde se observa el cambio de S3 a E3 (gusto medio), y en rojo de S4 a E4 (gusto alto). Se puede diferenciar el comportamiento de descenso en la velocidad del latido cardíaco para las escuchas displicentes con respecto a las valuadas en términos medios y altos.

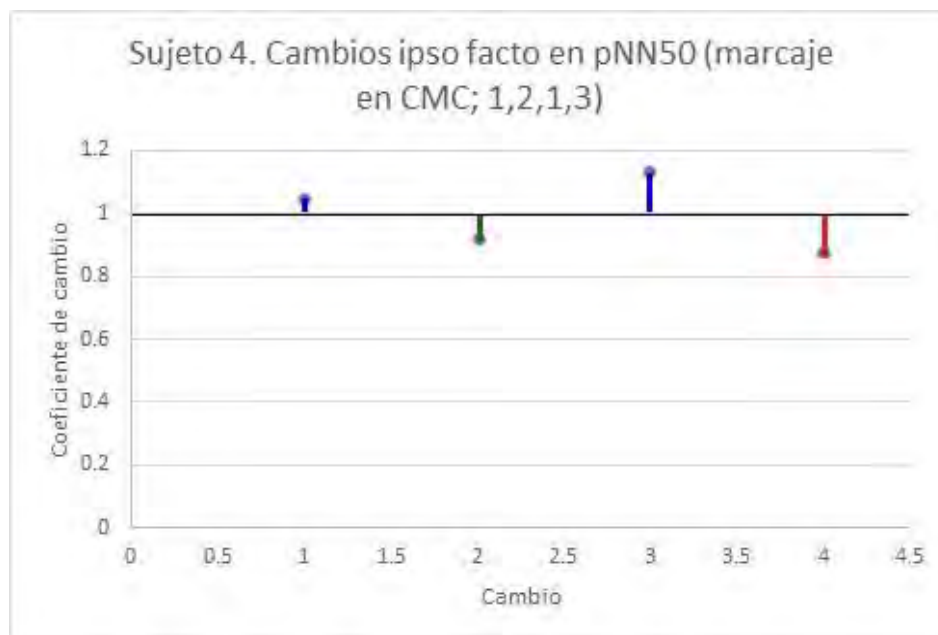


Gráfica 12. Dirección de cambios en Mean HR de las escuchas a los silencios subsecuentes. En azul se muestran los cambios de las E1 y E3 a las S2 y S4, respectivamente (CMC 1). En verde el cambio de la E2 al S3 (CMC 2). Y por último en rojo el cambio de E4 a S5 (CMC 3). Se reconoce el comportamiento diferencial de las escuchas de las pistas en CMC 2 de manera ascendente con respecto a aquellas de CMC 2 y 3 de cambio descendente.

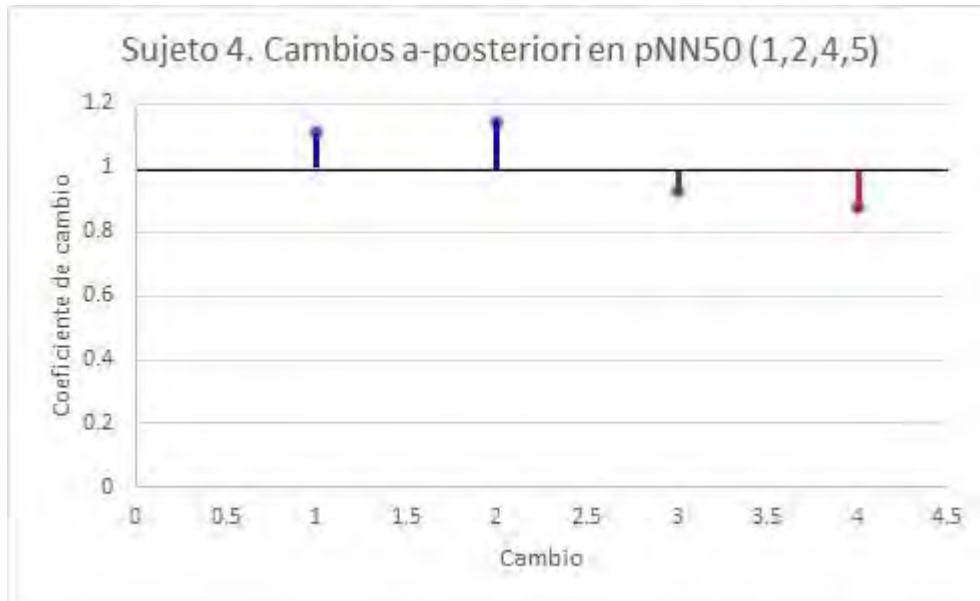
En lo que respecta a pNN50 *ipso facto* y *a-posteriori*, éste tuvo un comportamiento asociado a CMC y gusto, respectivamente, sin embargo, al igual que como ocurrió con

Mean HR ipso facto, fue de carácter contrario a los esperado (Gráficas 13 y 14). Si bien, para el caso de la asociación con CMC no generé una hipótesis rígida sobre su comportamiento, por la nulidad de datos bibliográficos, al ser este tratamiento original de su autoría, sí se espera que al menos los datos de un mismo sujeto se sustenten a sí mismos. Luego pNN50 *ipso facto* y Mean HR *a-posteriori* no se validan, sino que se contradicen en sus resultados. Mientras Mean HR *a-posteriori* muestra una excitación del sistema cardiaco ante la baja CMC, pNN50 *ipso facto* apunta a la inflexibilidad del corazón para cambiar de ritmo ante un CMC 3, lo cual sugiere un evento de estrés cardiaco. De lo que se sigue, para fines de objetividad, que dichos datos son inconsistentes y, por tanto, en contra de cualquier hipótesis planteada en este trabajo.

pNN50 *a-posteriori*, adicionalmente, tuvo resultados en contra de la hipótesis al presentar dos ascensos; E1-S2 y E2-S3, en las cuales las escuchas fueron valuadas en gusto bajo. Por lo que un aumento en la flexibilidad de la frecuencia cardiaca era inesperado, en tanto episodio de displicencia y por ende de estrés.

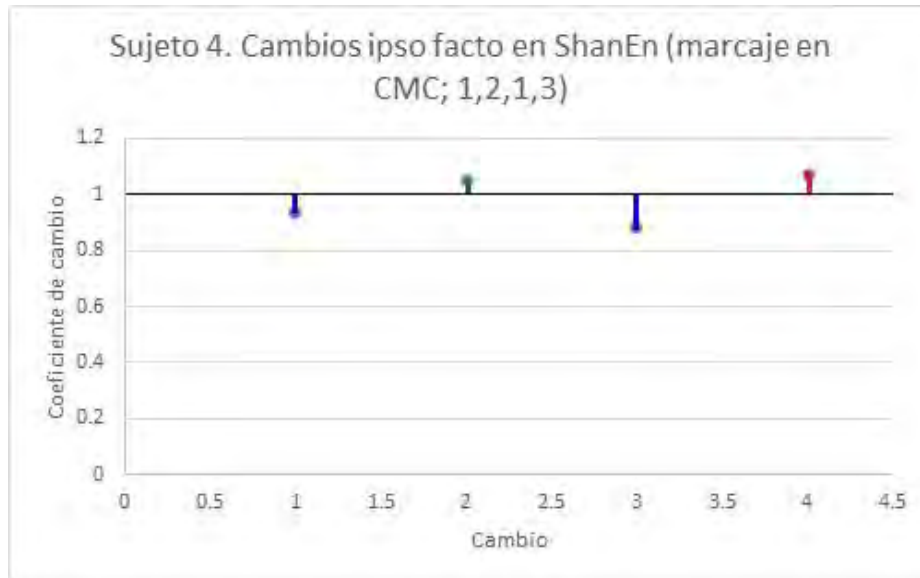


Gráfica 13. Dirección de cambios en pNN50 de los silencios a las escuchas subsecuentes. En azul se muestran los cambios de los S1 y S3 a las E1 y E3, respectivamente (CMC 1). En verde se observa el cambio de S2 a E2 (CMC 2), y en rojo de S4 a E4 (CMC 3). Se puede diferenciar el comportamiento de ascenso para las escuchas de menor CMC (1).

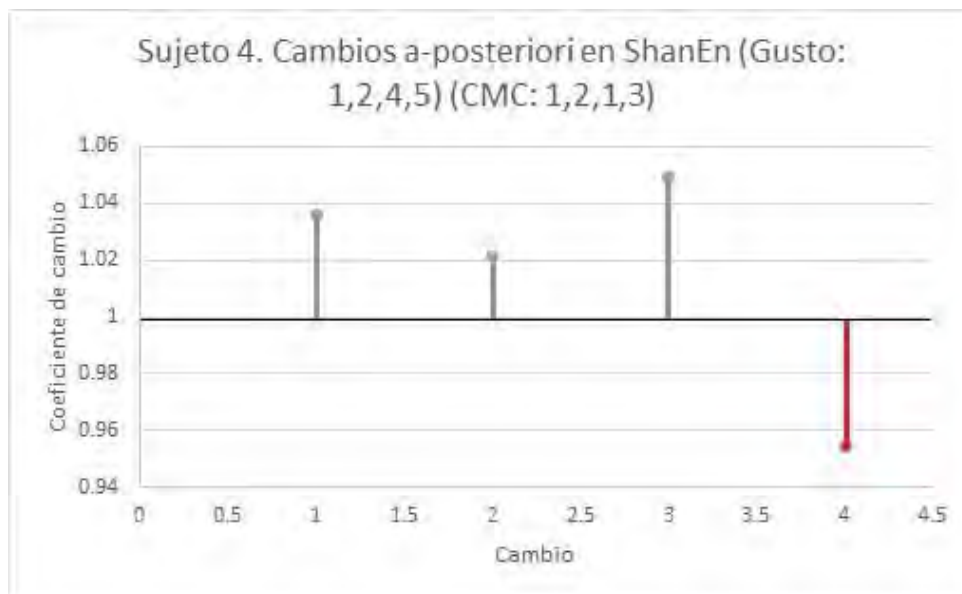


Gráfica 14. Dirección de cambios en pNN50 de las escuchas a los silencios subsecuentes. En azul se muestran los cambios de las E1 y E2 a las S2 y S3, respectivamente (gusto bajo). En verde el cambio de la E3 al S4 (gusto medio). Y por último en rojo el cambio de E4 a S5 (gusto alto). Se observa el carácter ascendente en los silencios subsecuentes a las escuchas valuadas con gusto bajo (1 y 2).

ShanEn *ipso facto* y *a-posteriori* presentó relación con CMC, sin embargo, ambos tipos de cambio fueron contradictorios entre sí, como ocurrió entre Mean HR *a-posteriori* y pNN50 *ipso facto* (Gráficas 15 y 16). ShanEn *ipso facto* presentó descensos en S1-E1 y S3-E3. Esto es las escuchas de las pistas valuadas en baja CMC generó una disminución en la homogeneidad de las distancias RR. Evento que se contrapuso a ShanEn *a-posteriori* en el cual el último cambio E4-S5 igualmente presentó un descenso, pero en esta ocasión con una CMC de 3. Así, el que la escucha de la última pista produjera una reducción en la homogeneidad de las RR, expone la ausencia de patrones, o al menos de patrones claros.



Gráfica 15. Dirección de cambios en ShanEn de los silencios a las escuchas subsecuentes. En azul se muestran los cambios de los S1 y S3 a las E1 y E3, respectivamente (CMC 1). En verde se observa el cambio de S2 a E2 (CMC 2), y en rojo de S4 a E4 (CMC 3). Se puede diferenciar el comportamiento de ascenso para las escuchas de menor CMC (1).

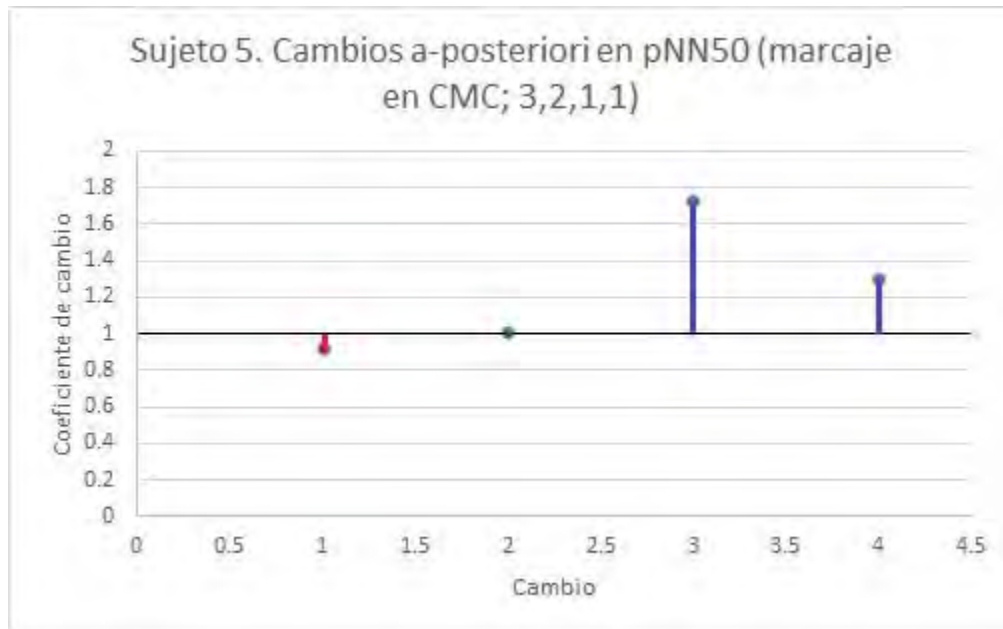


Gráfica 16. Dirección de cambios en pNN50 de las escuchas a los silencios subsecuentes. En gris se muestran los cambios de las E1, E2 y E3 a las S2, S3 y S4, respectivamente. En rojo el cambio de E4 a S5 (gusto y CMC altos). Se observa que éste último cambio se diferencia de los demás en su condición descendente.

De lo anterior podemos suponer que el experimento fue fallido, o que, en su defecto, el individuo presenta un comportamiento que no parece tener explicación dentro de la teoría de la HRV ni de la hipótesis aquí propuesta.

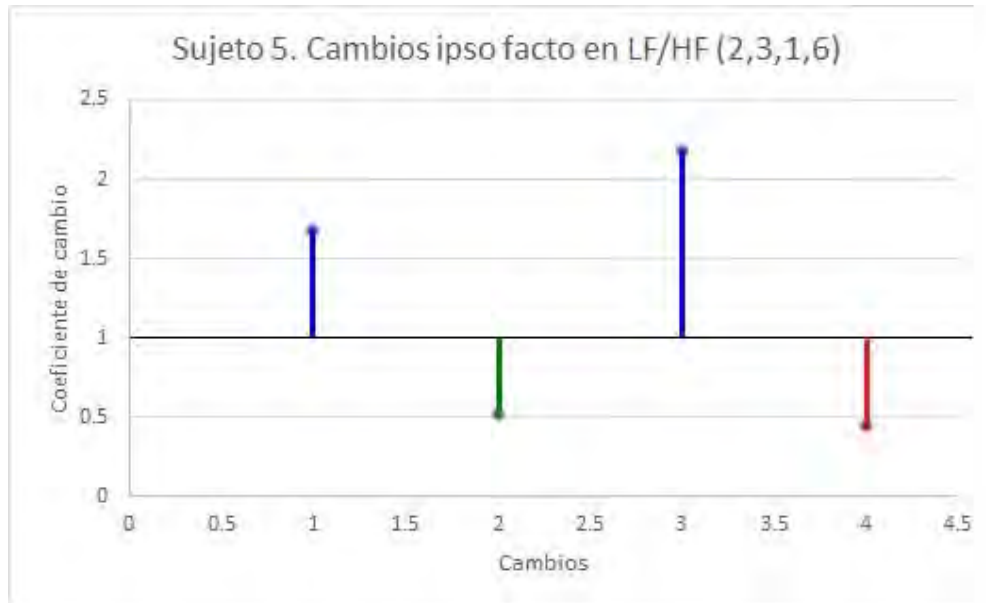
6.1.5 Sujeto 5

Para el sujeto 5 pNN50 tuvo relación con los valores de CMC, en los cuales se obtuvo un ascenso en los cambios *a-posteriori* de la E3 al S4 y de E4 a S5 (Gráfica 17). Lo que apunta a un aumento en la flexibilidad del ritmo cardiaco posterior a las escuchas de baja CMC (1).

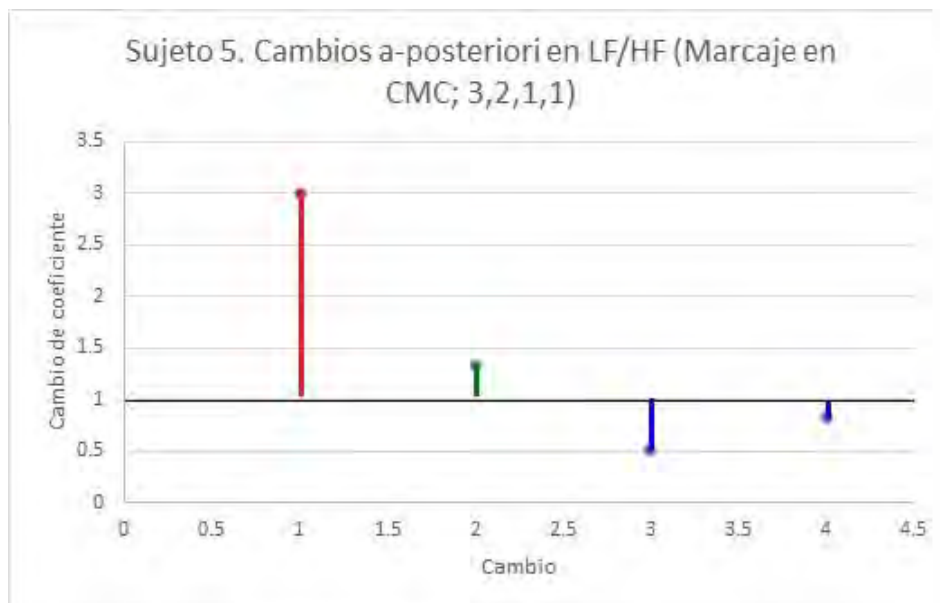


Gráfica 17. Dirección de cambios en pNN50 de los silencios a las escuchas subsecuentes. En azul se muestran los cambios de las E3 y E4 a los S4 y S5, respectivamente (CMC 1). En verde se observa el cambio de E2 a S3 (CMC 2), y en rojo de E1 a S2 (CMC 3). Se puede diferenciar el comportamiento de ascenso para las escuchas de menor CMC (1).

LF/HF en cambios *ipso facto* se correspondió a los valores de gusto, mientras que los cambios *a-posteriori* lo fueron a CMC (Gráfica 18 y 19). Los primeros resultaron de un comportamiento ascendente ante la escucha de pistas valuadas en gusto bajo, de lo que se sigue que, la displicencia provocó en el sujeto 5 un descenso en la actividad parasimpática y por tanto de la HRV. Los segundos, por otro lado, fueron compatibles con el resultado de pNN50 *a-posteriori*; un valor alto de CMC generó una merma en la HRV y viceversa para baja CMC. De esto último se induce que, la presencia de elementos sonoros organizados presiona al sistema cardiaco, disminuyendo su actividad parasimpática y por tanto su HRV.



Gráfica 18. Dirección de cambios en LF/HF de los silencios a las escuchas subsecuentes. En azul se muestran los cambios de las S1 y S3 a las E1 y E3, respectivamente (gusto bajo). En verde se observa el cambio de S2 a E2 (gusto medio), y en rojo de S4 a E4 (gusto alto). Se observan los ascensos en las escuchas valuadas en gusto bajo.



Gráfica 19. Dirección de cambios en LF/HF de las escuchas a los silencios subsecuentes. En rojo se muestra el cambio de E1 a S2 (CMC 3). En verde el cambio de E2 a S3 (CMC 2). Y por último en azul los cambios de las E3 y E4 a los S4 y S5, respectivamente (CMC 1). Se observa que las ascensiones se dieron en las escuchas de las pistas con CMC 1.

6.1.6 Sujeto 6

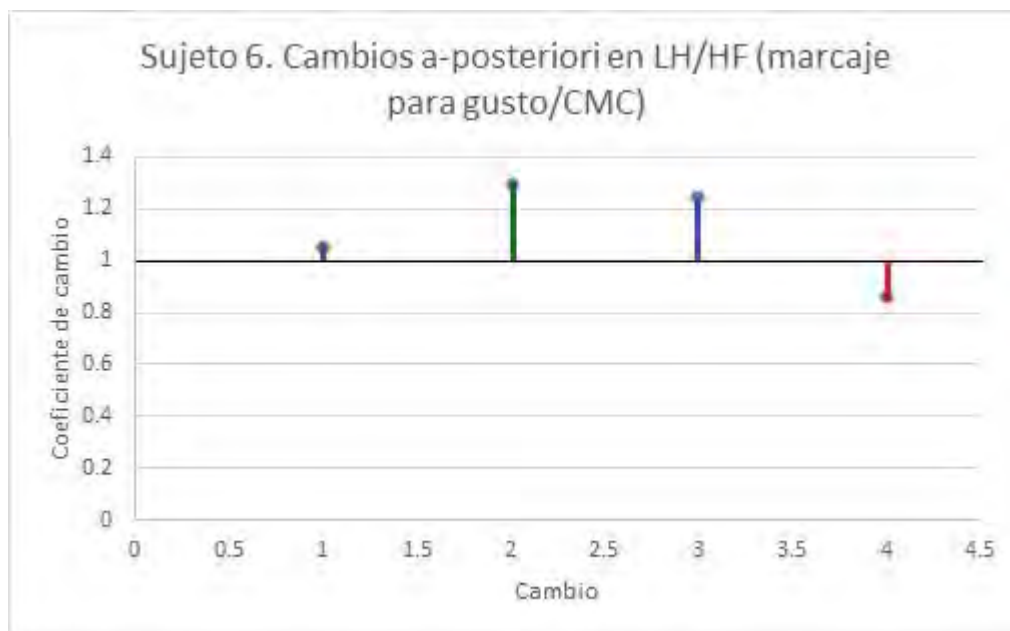
El sujeto 6 presentó puntuaciones de gusto iguales a los valores de CMC (Tabla 4). Por lo que los análisis entre la diferenciación sobre la conducta de corazón, serán en lo que

respecta a este apartado, insuficientes para saber si el gusto o CMC están liderando los cambios en el ritmo cardíaco. De cualquier manera, esta convergencia de gusto y CMC, no afecta la posibilidad de observar un cambio entre los niveles altos y bajos de gusto/CMC. Ni su actividad frente a los cambios de silencios y escuchas.

Escucha	CMC	Gusto
E1	1	2
E2	2	4
E3	1	1
E4	3	5

Tabla 4. Valores de CMC de las pistas de las diferentes escuchas, y el valor de gusto asignado para cada una de éstas por el sujeto 6. En azul se marcan los valores bajos, verde medios y rojo altos.

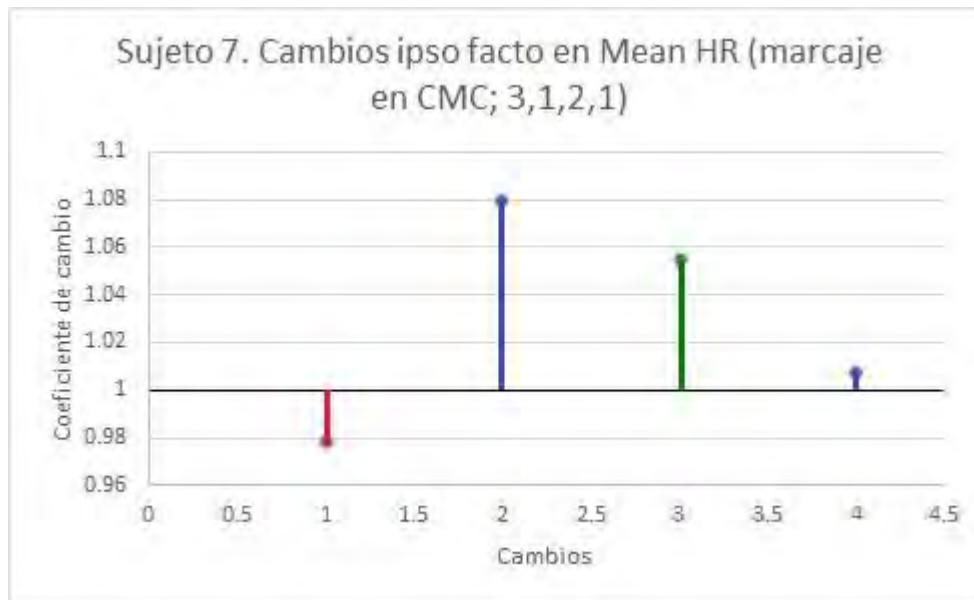
LF/HF *a-posteriori* presentó un descenso en de la E4 al S5, escucha que estuvo valuada en el mayor gusto y con el mayor CMC (3) (Gráfica 20). Un comportamiento que muestra como la HRV aumentó en el sujeto 6 una vez escuchada la música de alta CMC y mayor estímulo placentero.



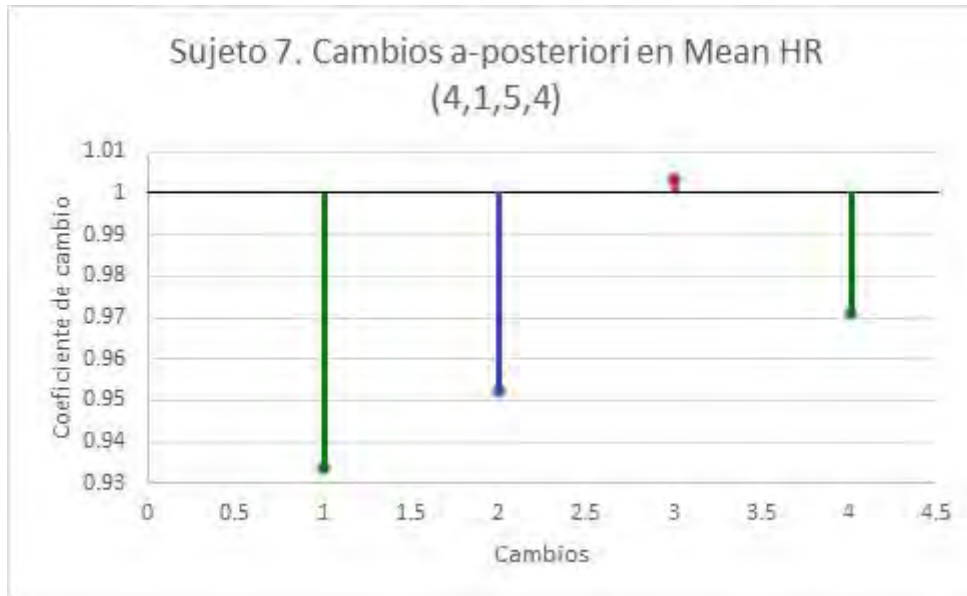
Gráfica 20. Dirección de cambios en LF/HF de las escuchas a los silencios subsecuentes. En rojo se muestra el cambio de E4 a S5 (gusto alto/CMC 3). En verde el cambio de E2 a S3 (gusto medio/CMC 2). Y por último en azul los cambios de las E1 y E3 a los S2 y S4, respectivamente (gusto bajo/CMC 1). Se observa que el único descenso ocurrió posterior a la escucha de más alto gusto y CMC.

6.1.7 Sujeto 7

En el sujeto 7 Mean HR tuvo un comportamiento dual, es decir, que tuvo asociación tanto a la valuación del gusto del individuo como a CMC. CMC para cambios *ipso facto* y gusto en *a-posteriori* (Gráficas 21 y 22). En el primer caso se observó que único descenso ocurrió en el primer cambio del S1 a la E1 correspondiente a la pista valuada en CMC 3, por lo que la disminución en la velocidad del latido cardiaco se propone fue causada por una escucha de alta CMC, no así para las escuchas subsecuentes. En el segundo caso, en cambio, se encontró que la escucha de gusto mayor, fue aquella que no presentó descenso en el silencio posterior, de lo que se sigue, un gusto de carácter excitador que no generó la relajación del latido cardiaco como el resto de los cambios E1-S2, E2-S3 y E4-S5.

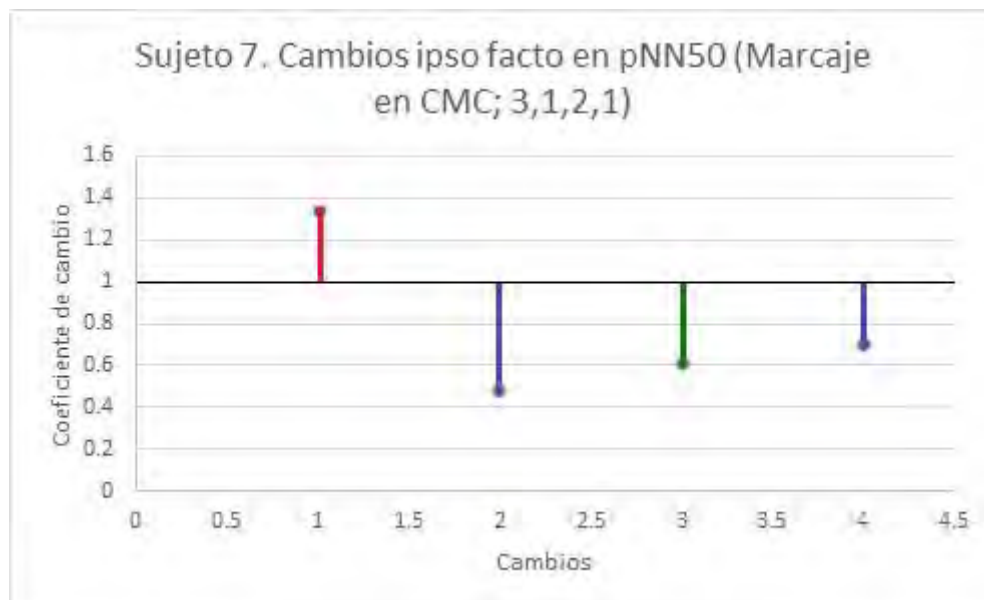


Gráfica 21. Dirección de cambios en Mean HR de los silencios a las escuchas subsecuentes. En rojo se muestra el cambio del S1 a la E1 (CMC 3). En verde el cambio del S3 a la E3 (CMC 2). Y, por último, en azul los cambios de los S2 y S4 a las E2 y E4, respectivamente (CMC 1). Se observa que el único descenso ocurrió en la primera escucha de más alto CMC.

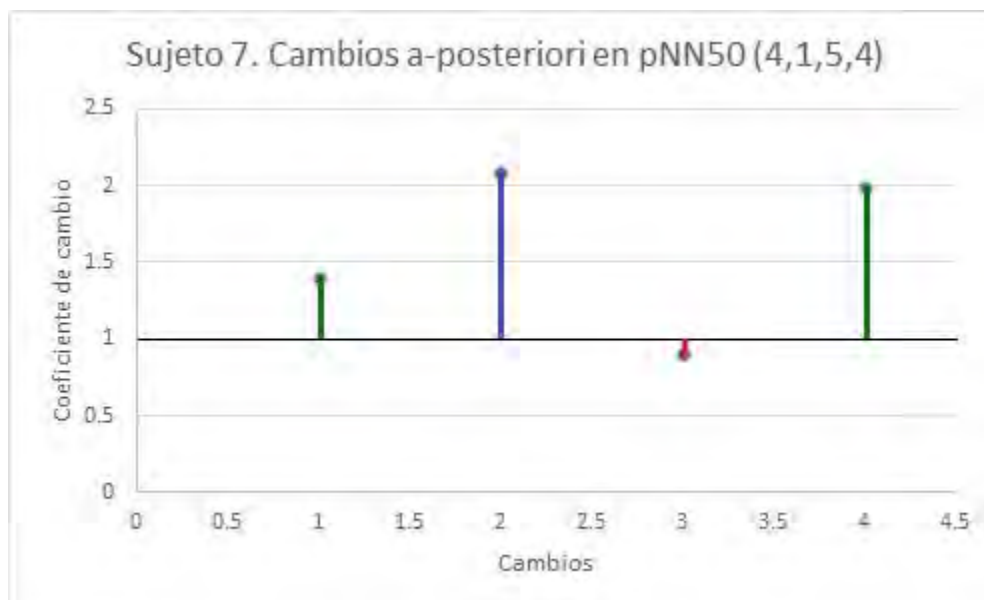


Gráfica 22. Dirección de cambios en Mean HR de las escuchas a los silencios subsecuentes. En rojo se muestra el cambio de la E3 al S4 (gusto alto). En verde el cambio de las E1 y E4 a los S2 y S5 (gusto medio). Mientras que en azul se marca el cambio de las E2 a la S3 (gusto bajo). Se observa que no hubo descenso posterior a la E3 valuada en gusto alto.

Igualmente, para pNN50 se observó comportamiento dual, y éste se mostró consistente con los resultados obtenidos en Mean HR. pNN50 *ipso facto* presentó asociación a CMC, donde el primer cambio (S1-E1) generó un ascenso en los valores de dicho índice, por lo que se presupone que la escucha de una pista de alta CMC produjo un alza en la flexibilidad del ritmo cardiaco (Gráfica 23). pNN50 *a-posteriori*, a su vez, mostró relación con el gusto valuado por el sujeto 7, ya que al igual que en Mean HR *a-posteriori* el cambio de la E3 al S4, fue aquel que tuvo un comportamiento diferencial, en este caso de forma descendente, constatando que dicha escucha no produjo posteriormente una relajación del sistema cardiaco como en el resto de los silencios subsecuentes a las escuchas (Gráfica 24).



Gráfica 23. Dirección de cambios en pNN50 de los silencios a las escuchas subsecuentes. En rojo se muestra el cambio del S1 a la E1 (CMC 3). En verde el cambio del S3 a la E3 (CMC 2). Y, por último, en azul los cambios de los S2 y S4 a las E2 y E4, respectivamente (CMC 1). Se observa que el único ascenso ocurrió en la primera escucha de más alto CMC.



Gráfica 24. Dirección de cambios en Mean HR de las escuchas a los silencios subsecuentes. En rojo se muestra el cambio de la E3 a S4 (gusto alto). En verde el cambio de las E1 y E4 a los S2 y S5 (gusto medio), respectivamente. Mientras que en azul se marca el cambio de las E2 a la S3 (gusto bajo). Se observa que no hubo ascenso posterior a la E3 valuada en gusto alto.

6.2 Conclusión análisis individual

No se encontraron comportamiento en los índices que fueran constantes en todos los individuos. En algunos casos estos respondieron al gusto valuado por el sujeto en cuestión o por la CMC de la pista escuchada. Incluso, para el caso particular del sujeto 4, las asociaciones observadas fueron de carácter contrario a la hipótesis propuesta. Por lo que el análisis individual no arrojó ningún dato consistente que permita comprender el fenómeno cardio-musical.

	Sujeto 1		Sujeto 2		Sujeto 3	
	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>
Mean HR	Gusto	x	Alostásis	x	CMC	CMC
pNN50	Gusto	x	x	x	CMC	x
LF/HF	x	Gusto	CMC	Gusto/CMC	x	x
ShanEn	x	Gusto	x	x	x	x
	Sujeto 4		Sujeto 5		Sujeto 6	
	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>
Mean HR	Contra gusto	Contra CMC	x	x	x	x
pNN50	Contra CMC	Contra gusto	x	CMC	x	x
LF/HF	x	x	Gusto	CMC	x	Gusto/CMC
ShanEn	Contra CMC	CMC	x	x	x	x
	Sujeto 7					
	<i>ipso facto</i>	<i>a-posteriori</i>				
Mean HR	Gusto	CMC				
pNN50	Gusto	CMC				
LF/HF	x	x				
ShanEn	x	x				

Tabla 5. Resumen de las relaciones de los cambios ipso facto y a-posteriori en los cuatro índices analizados en los siete individuos. Las asociaciones al gusto y CMC están marcadas en las casillas de los índices con su respectivo tipo de cambio, aquellas que no presentaron relación alguna se llenaron con un 'x'. En el Sujeto 4 se especificó además las asociaciones obtenidas en contra de la hipótesis.

6.3 Análisis general

El presente apartado pretende encontrar patrones generales dados por los siete sujetos de estudio. A partir de reconocer condiciones que se consideren mayoritarias o absolutas. La intención con ello es que, a pesar de las excepciones encontradas en los comportamientos individuales, es posible encontrar fenómenos mucho más globales que se acerquen o coincidan con la teoría.

El método de estudio, al igual que el individual, buscará dar cuenta de los fenómenos que subyacen a los datos obtenidos. De tal forma que, el mismo método sirva como propuesta para el acercamiento en la comprensión de los fenómenos naturales. Así, a la par de lo que será la exposición de los resultados se hará un razonamiento inferencial de los mismos.

El análisis general está dividido en dos rubros: Análisis general de promedios y análisis general de tendencias. El primero generado a partir de cálculos estadísticos (promedio, desviación estándar y prueba t de student), y el segundo con razones aritméticas de adición y sustracción. De esta manera se busca obtener una visión más amplia sobre el fenómeno, y con ello concluir si existen patrones globales en las muestras.

6.3.1. Análisis general de promedios

Antes de comenzar a indagar sobre los promedios, debo poner en foco las limitaciones de este tipo de observaciones. Los promedios en primera instancia implican una media sobre los datos obtenidos. Mas, un promedio no es en absoluto un número que nos informe de un fenómeno específico. El que un promedio tenga cierta cifra, puede deberse a diferentes condiciones sobre los datos, por ejemplo; que uno de los datos se diferencie completamente del resto, puede hacer que la media se aleje de la mayoría de los datos, únicamente por efecto de éste valor. Así mismo, el promedio no habla de la dispersión entre los datos, de tal caso que un mismo promedio puede estar dado por dispersiones grandes o mínimas de los resultados. En todo caso la desviación estándar puede ayudarnos en este caso, más, ello sólo nos hablaría de la dispersión de los datos, sin tomar en cuenta la individualidad de los sujetos de estudio.

Para el caso de nuestra investigación existe otra diatriba, ésta consiste en el mismo procedimiento para obtener los datos: se sumaron los índices obtenidos para todas las pistas de CMC 1, 2 y 3. Es decir, se hicieron tres grupos de datos para cada índice, y posteriormente se graficaron en barras para conocer las diferencias que había entre las pistas de CMC 1, 2 y 3. Igualmente se realizó para las valoraciones de gusto: gusto bajo (1 y 2), medio (3 y 4) y alto (5 y 6), de tal caso que se pudieran evidenciar los valores más altos en cada uno de los índices analizados. El problema de ello es que los perfiles de los

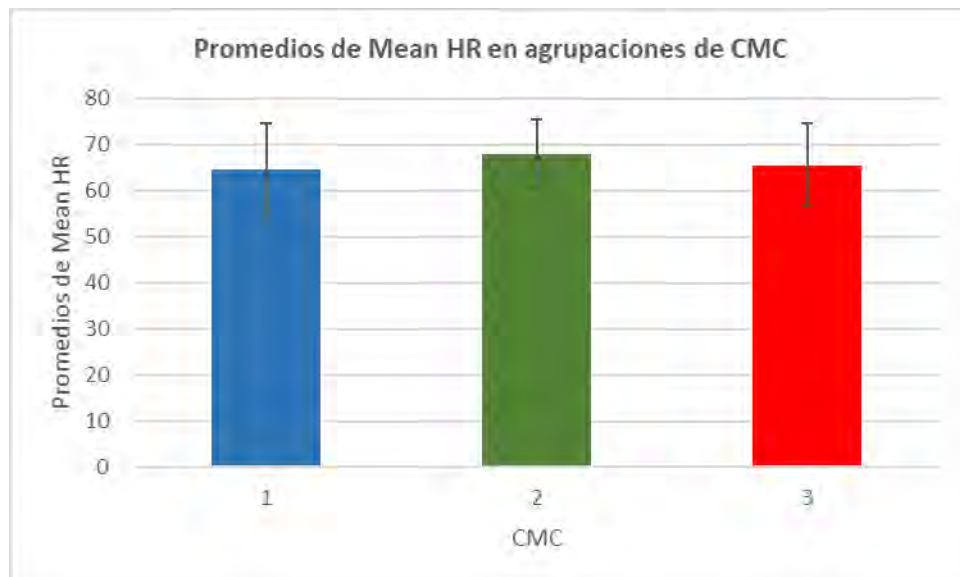
individuos no son precisamente comparables. De esto nos habla la prueba t de student, en la que se encontraron pocos valores de significancia ($p < 0.05$) entre los grupos en favor de la hipótesis alternativa (H_1). Esto sucede porque los sujetos no escucharon todas las pistas, es decir, algunas pistas están evaluadas tan sólo por un sujeto, mientras otras fueron escuchadas por tres sujetos.

La prueba de t de student no arrojó relación de homogeneidad entre los tres grupos de CMC (CMC 1, CMC 2 y CMC 3) en ninguno de los índices, por lo que los grupos no pudieron tomarse estadísticamente comparables (Tabla 6).

	Prueba t de student			
	Mean HR	pNN50	LF/HF	ShanEn
CMC 1 y 2	0.42	0.81	0.89	0.84
CMC 2 y 3	0.57	0.96	0.77	0.97
CMC 1 y 3	0.85	0.80	0.68	0.86

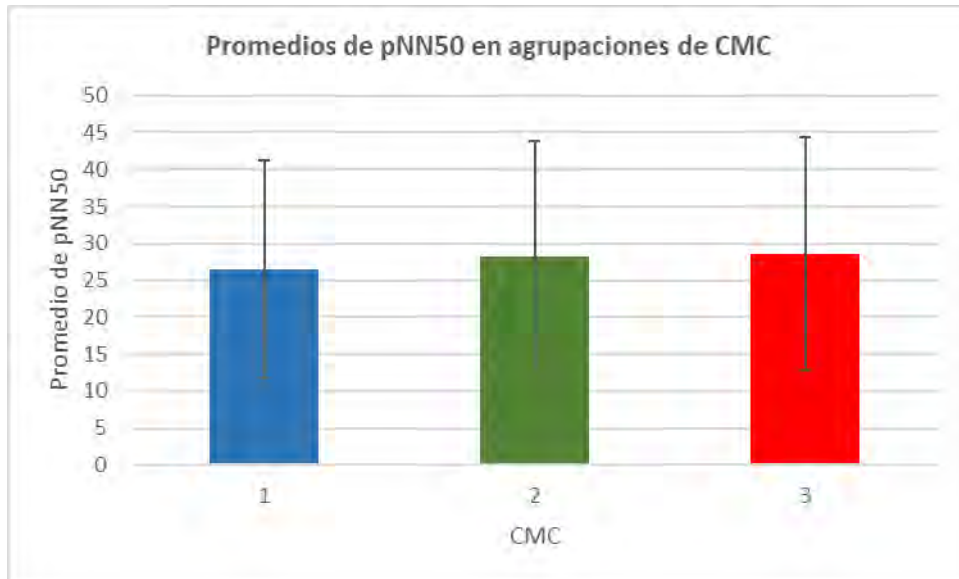
Tabla 6. Valores de la prueba de t de student en la comparación entre los tres grupos. Ninguno de los valores resulto de una $p < 0.05$ que mostrara una relación de homogeneidad entre dichos grupos.

Los promedios obtenidos de Mean HR para CMC mostraron un valor superior en CMC 2, así como una desviación estándar menor que en CMC 1 y 3 (Gráfica 25). De lo que se presupone que las escuchas de las pistas con CMC media generaron mayor velocidad en el latido cardiaco, además de tener una dispersión mínima con respecto a los grupos alto y bajo.



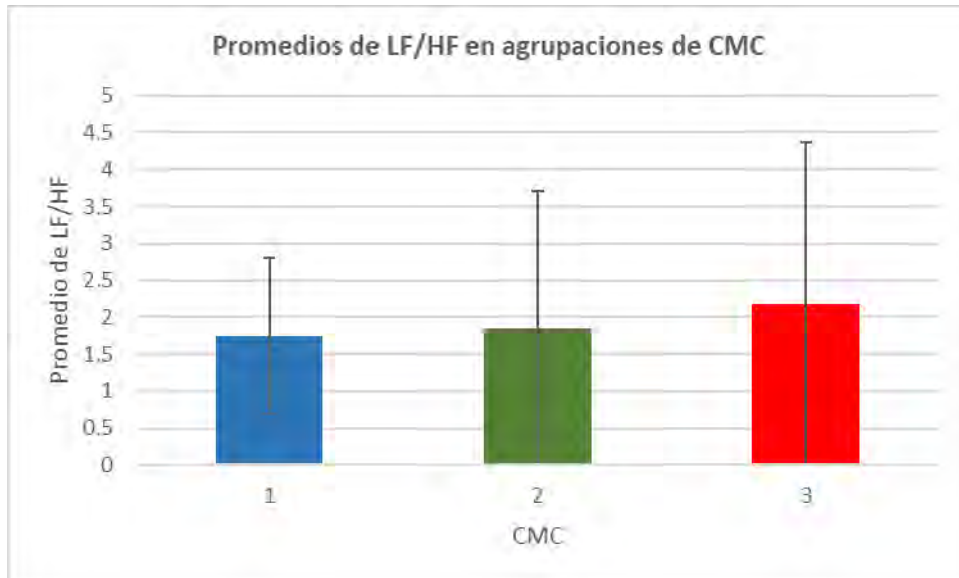
Gráfica 25. Promedios de los valores de Mean HR en tres grupos dados por la CMC de las pistas musicales. Azul para aquellas de CMC 1 con una n de 9 valores y una σ de 9.93, verde para CMC 2 con $n = 12$ y $\sigma = 7.29$, y rojo en CMC 3 con $n = 7$ y $\sigma = 9.01$.

Los promedios obtenidos para el caso de pNN50 no arrojaron una diferencia observable, además de presentar una desviación estándar amplia (Gráfica 26). Por lo que los valores no fueron suficientes para reconocer una asociación general del comportamiento en la flexibilidad del latido cardiaco con la CMC de las pistas escuchadas.



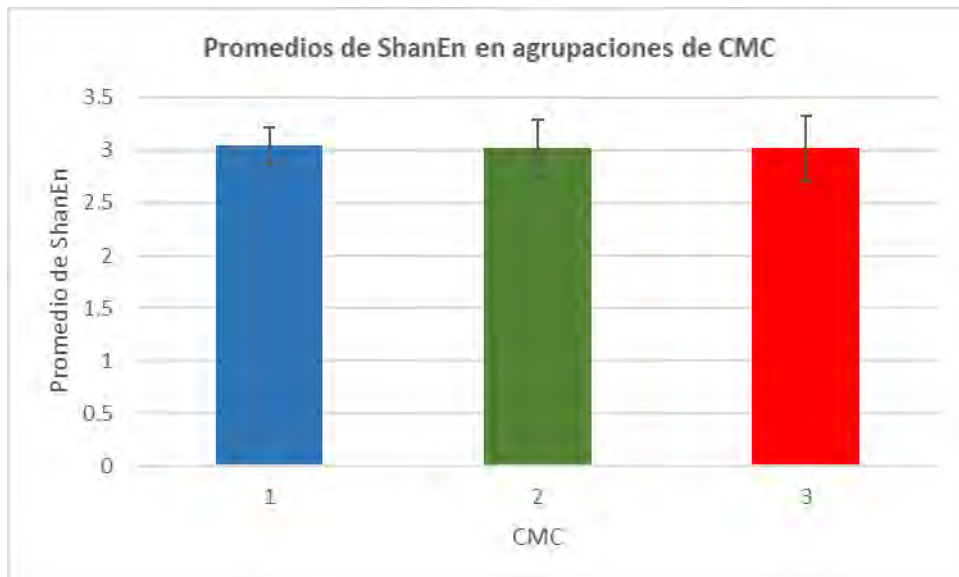
Gráfica 26. Promedios de los valores de pNN50 en tres grupos dados por la CMC de las pistas musicales. Azul para aquellas de CMC 1 con una n de 9 valores y una σ de 14.70, verde para CMC 2 con $n = 12$ y $\sigma = 15.71$, y rojo en CMC 3 con $n = 7$ y $\sigma = 15.79$.

El mismo caso se presentó en LF/HF, donde los promedios no presentaron un comportamiento observable en relación a la CMC de las pistas escuchadas, las desviaciones estándar fueron de una dispersión total entre los datos que conformaron a los promedios de CMC 2 y 3 (Gráfica 27). De ahí se sigue que no hay asociación general reconocible entre los promedios de LF/HF y los valores de CMC.



Gráfica 27. Promedios de los valores de LF/HF en tres grupos dados por la CMC de las pistas musicales. Azul para aquellas de CMC 1 con una n de 9 valores y una σ de 1.75, verde para CMC 2 con $n = 12$ y $\sigma = 1.85$, y rojo en CMC 3 con $n = 7$ y $\sigma = 2.28$.

ShanEn al igual que en pNN50 y LF/HF, no mostró un comportamiento observable para los grupos de CMC, sin embargo, presentó una desviación estándar mínima en los tres grupos (Gráfica 28). La desviación estándar resultó menor en CMC 1 y mayor en CMC 3, de lo que se induce que las distancias RR de la frecuencia cardiaca de las escuchas de pistas CMC 1 fueron menos variables entre sí que en aquellas de CMC 3.



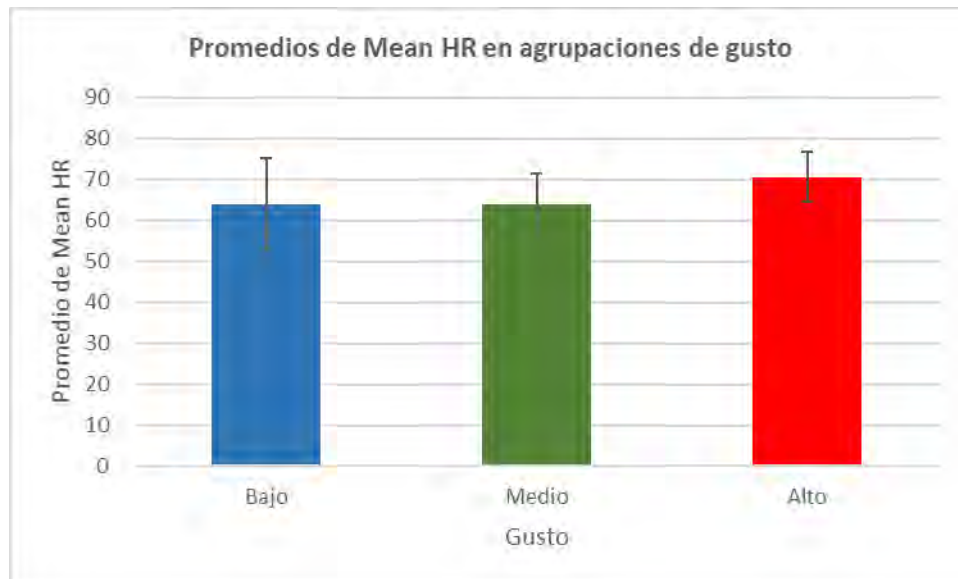
Gráfica 28. Promedios de los valores de ShanEn en tres grupos dados por la CMC de las pistas musicales. Azul para aquellas de CMC 1 con una n de 9 valores y una σ de 0.17, verde para CMC 2 con $n = 12$ y $\sigma = 0.27$, y rojo en CMC 3 con $n = 7$ y $\sigma = 0.31$.

Las agrupaciones dadas por el nivel de gusto mostraron a través de la prueba de t de student que únicamente gusto medio y alto tuvieron relación significativa en los índices Mean HR y pNN50 (Tabla 7). Mientras que en el resto de los índices los valores de significancia resultaron de una baja o nula comparabilidad.

	Prueba t de student			
	Mean HR	pNN50	LF/HF	ShanEn
Gustos B y M	0.99	0.18	0.07	0.48
Gustos A y M	0.04	0.05	0.10	0.60
Gustos B y A	0.22	0.68	0.62	0.22

Tabla 7. Valores de la prueba de t de student en la comparación entre los tres grupos de gusto. Los grupos de gusto alto y medio en Mean HR y pNN50 resultaron de una $p < 0.05$, Las demás relaciones mostraron una baja comparabilidad entre grupos.

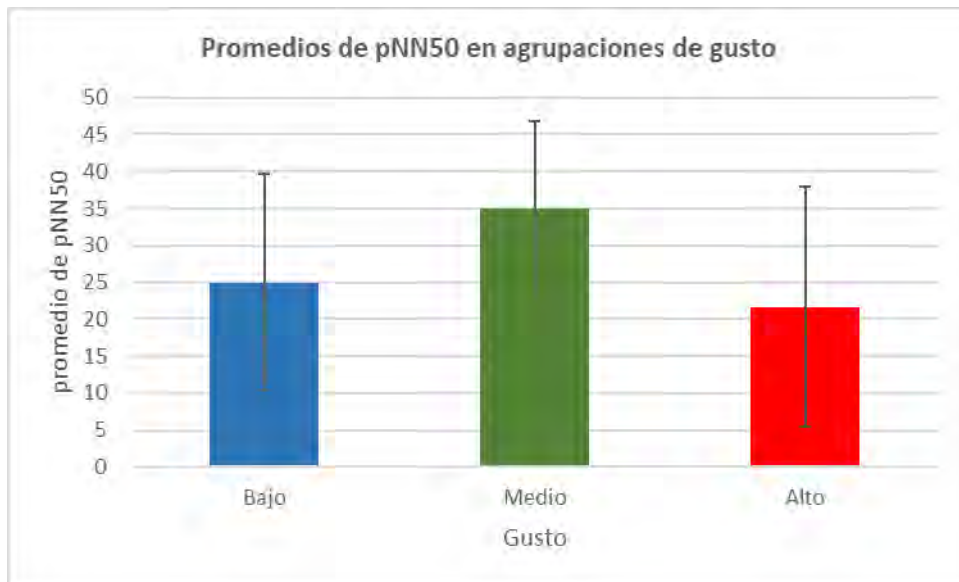
Los promedios para Mean HR arrojaron que las escuchas valuadas en gusto alto tuvieron valores superiores que aquellas de gusto bajo y medio (Gráfica 29). Donde las primeras, además, obtuvieron una desviación estándar menor que el grupo de gusto bajo. Lo que supone que las escuchas de gusto alto generaron excitación en el sistema cardiaco que las de gusto bajo y medio, de mayor dispersión.



Gráfica 29. Promedios de los valores de Mean HR en tres grupos dados por el gusto de las escuchas valuadas por los sujetos. Azul para aquellas de gusto bajo con una n de 7 valores y una σ de 11.18, verde para gusto medio con $n = 11$ y $\sigma = 7.55$, y rojo en gusto alto con $n = 10$ y $\sigma = 6.14$.

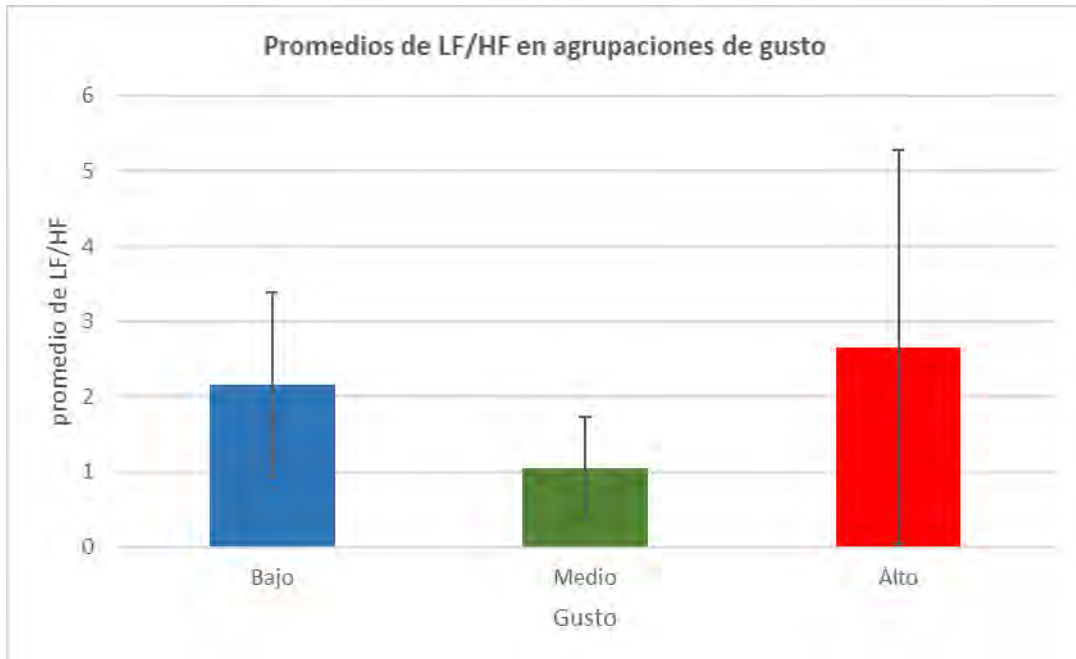
Contrariamente al resultado de promedios en Mean HR, el grupo de gusto alto para pNN50 fue aquel de valor inferior, lo que se interpreta como una mayor flexibilidad en el sistema cardiaco para cambiar de ritmo (Gráfica 30). Más aun, las desviaciones estándar

para todos los grupos, reflejaron gran dispersión entre los datos, haciendo de dichos promedios, de un nivel bajo de fiabilidad.



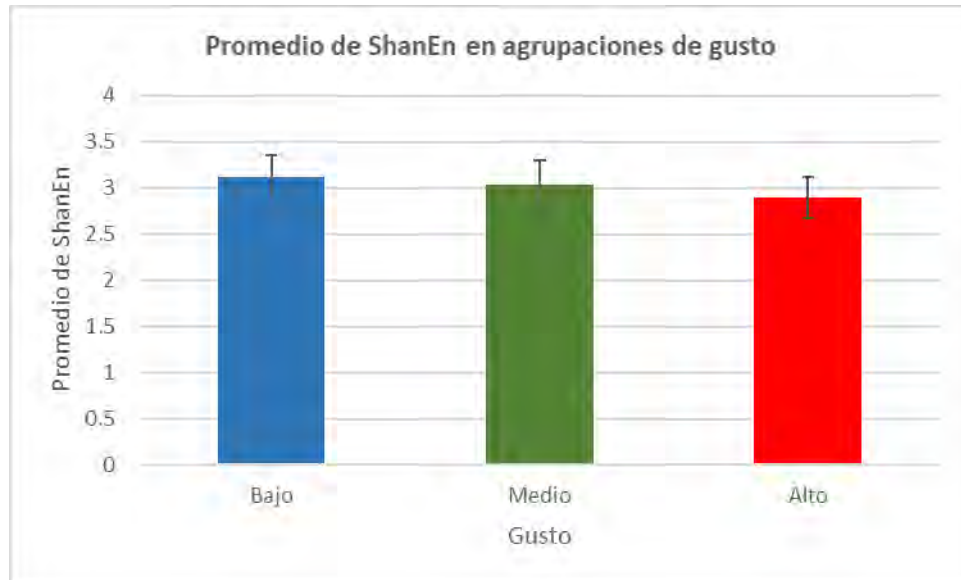
Gráfica 30. Promedios de los valores de pNN50 en tres grupos dados por el gusto de las escuchas valuadas por los sujetos. Azul para aquellas de gusto bajo con una n de 7 valores y una σ de 14.71, verde para gusto medio con $n = 11$ y $\sigma = 11.82$, y rojo en gusto alto con $n = 10$ y $\sigma = 16.19$.

Asimismo, para los promedios de LF/HF la viabilidad de los datos fue mínima al presentar valores altos de dispersión en la desviación estándar (Gráfica 31). En los resultados de grupo, el grupo de gusto medio tuvo valores inferiores a gusto bajo y alto, lo que supone, en un sentido amplio, que el gusto medio generó mayor actividad del sistema parasimpático que gusto bajo y alto.



Gráfica 31. Promedios de los valores de LF/HF en tres grupos dados por el gusto de las escuchas valuadas por los sujetos. Azul para aquellas de gusto bajo con una n de 7 valores y una σ de 1.23, verde para gusto medio con $n = 11$ y $\sigma = 0.68$, y rojo en gusto alto con $n = 10$ y $\sigma = 2.62$.

Finalmente, los promedios de ShanEn en los grupos por gusto, no presentaron diferencias observables. Mas, las desviaciones estándar resultaron de una baja dispersión (Gráfica 32). Lo que se entiende como una consistencia entre los datos que formaron los promedios. El grupo de gusto alto, fue en todo caso, aquel que presentó una desviación estándar menor.



Gráfica 32. Promedios de los valores de LF/HF en tres grupos dados por el gusto de las escuchas valuadas por los sujetos. Azul para aquellas de gusto bajo con una n de 7 valores y una σ de 0.24, verde para gusto medio con $n = 11$ y $\sigma = 0.27$, y rojo en gusto alto con $n = 10$ y $\sigma = 0.22$.

6.3.2 Análisis general de tendencias

Esta sección buscará, a partir de la contabilización de ascensos y descensos en los índices, discernir la conducta general de los cambios *ipso facto* y *a-posteriori*. El objetivo en este punto es reconocer si alguno de los cambios es mayormente favorecido en cada uno de los índices a partir de la CMC y/o el gusto. Así como su tendencia o común de cambio en dichos índices.

La primera tabla nos muestra el número de veces que se encontraron cambios ascendentes y descendentes *ipso facto* y *a-posteriori* en Mean HR (Tabla 8). Ésta pretende mostrar, a través de porcentajes, cuál de los cambios fue preponderante en CMC 1, 2 y 3. En la tabla 8 podemos ver como las ascencias fueron preponderantes para CMC 1, tanto en los cambios *ipso facto* como en los *a-posteriori*. Por lo que podemos inducir que una CMC baja elevó en la mayoría de los casos la velocidad del latido cardiaco. No así para CMC 2, que tuvo mayor cantidad de ascensos en cambios *ipso facto*, y descensos en *a-posteriori*. CMC 3, adicionalmente, reveló que los cambios *a-posteriori*, pueden no tener una cantidad mayoritaria hacia ascensos o descensos.

Mean HR		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
CMC 1	Ascenso	8	72.72	7	63.63
	Descenso	3	27.27	4	36.36
CMC 2	Ascenso	6	60.00	2	20.00
	Descenso	4	40.00	8	80.00
CMC 3	Ascenso	2	28.57	4	57.14
	Descenso	5	71.42	3	42.85

Tabla 8. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en Mean HR en todas las muestras en CMC. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio mayoritario. Las casillas verdes, aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascendencias y descendencias. Y las azules, marcando los cambios de porcentaje minoritario.

pNN50 tuvo una mayor cantidad de descensos que ascensos *ipso facto* en CMC 1 (Tabla 9), es decir, que en la mayoría de los cambios de los silencios a las escuchas los latidos de más de 50 ms disminuyeron. Caso contrario a los de tipo *a-posteriori*, que presentaron una recurrencia mayor. CMC 2, igualmente presentó mayor cantidad de descensos en los cambios *ipso facto* y ascensos en *a-posteriori*. CMC 3, por otro lado, no presentó una tendencia superior para ascensos ni descensos. Resultado consistente con lo encontrado en Mean HR, y que supone de CMC 3 una incapacidad para generar tendencias reconocibles.

pNN50		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
CMC 1	Ascenso	3	27.27	8	72.72
	Descenso	8	72.72	3	27.27
CMC 2	Ascenso	2	20.00	7	70.00
	Descenso	8	80.00	3	30.00
CMC 3	Ascenso	4	57.14	3	42.85
	Descenso	3	42.85	4	57.14

Tabla 9. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en pNN50 en todas las muestras agrupadas en CMC. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascendencias y descendencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

HL/HF en CMC 1 no presentó tendencias reconocibles en los cambios *ipso facto* (Tabla 10). En los cambios *a-posteriori* la mayoría fueron de tipo ascendente, en otras palabras, la merma de la HRV fue superior. En CMC 2, por otro lado, arrojó tendencia descendente tanto en cambios *ipso facto* como *a-posteriori*, es decir, que en la mayoría de los casos las pistas valuadas en CMC medio generaron un aumento en la HRV y por tanto de la actividad parasimpática. Una actividad fisiológica saludable (O'Brien, O'Hare & Corral,

1986; Sawane & Gupta, 2015; Tyagi & Cohen, 2016). CMC 3, en cambio, no mostró tendencias reconocibles para ninguno de los tipos de cambios (*ipso facto* y *a-posteriori*)

LF/HF		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
CMC 1	Ascenso	6	54.54	7	63.63
	Descenso	5	45.45	4	36.36
CMC 2	Ascenso	3	30.00	4	40.00
	Descenso	7	70.00	6	60.00
CMC 3	Ascenso	3	42.85	3	42.85
	Descenso	4	57.14	4	57.14

Tabla 10. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en LF/HF en todas las muestras, agrupadas en CMC. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascencias y descendencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

ShanEn		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
CMC 1	Ascenso	7	63.63	6	54.54
	Descenso	4	36.36	5	45.45
CMC 2	Ascenso	8	80.00	4	40.00
	Descenso	2	20.00	6	60.00
CMC 3	Ascenso	3	42.85	1	14.28
	Descenso	4	57.14	6	85.71

Tabla 11. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en ShanEn en todas las muestras, agrupadas en CMC. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascencias y descendencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

Ahora bien, Mean HR valuado en gusto, no tuvo tendencias mayoritarias en gusto bajo y alto para cambios *ipso facto* (Tabla 12). Mas, en gusto medio las ascencias fueron más frecuentes. Lo que supone que el gusto neutro promovió una aceleración en los latidos cardiacos, a diferencia las escuchas displicentes y gratas.

Mean HR		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
Gusto bajo	Ascenso	4	50.00	3	37.50
	Descenso	4	50.00	5	62.50
Gusto medio	Ascenso	6	66.66	3	33.33
	Descenso	3	33.33	6	66.66
Gusto alto	Ascenso	6	54.54	7	63.63
	Descenso	5	45.45	4	36.36

Tabla 12. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en Mean HR en todas las muestras agrupadas en gusto. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascencias y descencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

pNN50, en cambio, tuvo neutralidad de tendencias en el gusto medio para cambios *ipso facto* y mayor cantidad de ascencias en *a-posteriori* (Tabla 13). Este último dato, consistente con las descencias *a-posteriori* de Mean HR. No así para los gustos bajo y alto, en los cuales los descensos *ipso facto* se ponderaron sobre los ascensos. Esto, contrario a la neutralidad obtenida en Mean HR *ipso facto*.

No obstante, en lo concerniente al gusto bajo *a-posteriori*, pNN50 mostró mayor cantidad de ascensos, lo que se fortalece con las tendencias de Mean HR en gusto bajo *a-posteriori*. Lo que apunta a una mayor correspondencia de datos en los gustos medio y bajo que en el alto, donde el resultado no fue consistente para ambos comportamientos (*ipso facto* y *a-posteriori*) en Mean HR y pNN50.

pNN50		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
Gusto bajo	Ascenso	2	25.00	7	87.50
	Descenso	6	75.00	1	12.50
Gusto medio	Ascenso	4	44.44	6	66.66
	Descenso	5	55.55	3	33.33
Gusto alto	Ascenso	3	27.27	6	54.54
	Descenso	8	72.72	5	45.45

Tabla 13. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en pNN50 en todas las muestras agrupadas en gusto. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascencias y descencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

El caso de LF/HF fue similar al de pNN50; con el gusto medio sin tendencias mayoritarias en *ipso facto*, y marcadas para gusto bajo y alto (Tabla 14). Mientras que gusto bajo presentó ascensos, es decir, pérdida de la actividad parasimpática, el gusto alto resultó mayoritariamente ascendente en el total de las muestras. Lo que significa que la diferencia fisiológica entre el gusto alto y bajo radicó principalmente en la actividad del

sistema parasimpático. Este mismo resultado se encontró en los cambios *a-posteriori*, los cuales nos hablan del comportamiento de la frecuencia cardíaca posterior a las escuchas. Por lo que el tiempo subsecuente a las escuchas continuó activando a las mismas ramas del SNA; parasimpático mayoritariamente para gusto alto y ambas ramas en gusto bajo.

LF/HF		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
Gusto bajo	Ascenso	5	62.50	6	75.00
	Descenso	3	37.50	2	25.00
Gusto medio	Ascenso	4	44.44	5	55.55
	Descenso	5	55.55	4	44.44
Gusto alto	Ascenso	3	27.27	4	36.36
	Descenso	8	72.72	7	63.63

Tabla 14. Descensos y ascensos en los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en LF/HF en todas las muestras agrupadas en gusto. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascendencias y descendencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

ShanEn mostró tendencias *ipso facto* de ascenso en gusto bajo (Tabla 15), correspondiente a lo obtenido en los índices anteriores. En gusto medio las descendencias fueron superiores a las ascendencias, lo que implica un aumento en la heterogeneidad de distancias RR. Y el gusto alto, tuvo mayor cantidad de ascendencias, caso contrario al gusto medio. Esto supone, como hemos venidos diciendo, que las escuchas placenteras generaron frecuentemente excitación en el sistema cardíaco en los cambios *ipso facto*. En los cambios *a-posteriori*, el gusto bajo generó descensos en el índice ShanEn, lo cual se no se correspondió con LF/HF, pero sí con Mean HR y pNN50, con los cuales apuntó hacia un aumento en la HRV. Razón no encontrada en gusto alto, donde las descendencias fueron mayoritarias y, por tanto, contradictorias con todos los índices anteriores. El gusto medio, por otro lado, el resultado fue consistente, al mostrar una neutralidad de tendencias como se observó en LF/HF.

ShanEn		<i>ipso facto</i>	%	<i>a-posteriori</i>	%
Gusto bajo	Ascenso	6	75.00	3	37.50
	Descenso	2	25.00	5	62.50
Gusto medio	Ascenso	3	33.33	4	44.44
	Descenso	6	66.66	5	55.55
Gusto alto	Ascenso	8	72.72	4	36.36
	Descenso	3	27.27	7	63.63

Tabla 15. Descensos y ascensos en los cambios ipso facto y a-posteriori en ShanEn en todas las muestras agrupadas en gusto. Las casillas marcadas en rojo representan el cambio de ascendente o descendente mayoritario. Las casillas verdes son aquellas en las que no hay una diferencia porcentual mayor a 10% entre las ascendencias y descendencias. Y las azules, son los cambios de porcentaje minoritario.

6.4 Conclusiones del análisis general

Hay dos datos que nos permiten obtener información en el análisis de promedios; el promedio y la desviación estándar. El primero nos muestra si alguno de los grupos tuvo valores superiores a otro, lo que implica una mayor o menor HRV dependiendo del índice. Mientras que la desviación estándar nos habla de la robustez del promedio, de tal caso que, una desviación estándar de la mitad del valor del promedio nos dice que dicho promedio tiene una dispersión tal que su valor no representa a los datos que lo conforman. En ese sentido, en lo concerniente a los promedios de CMC, sólo CMC 2 en Mean HR mostró un resultado posible de interpretar (Tabla 16), al presentar un promedio alto y una desviación estándar. Lo que se entiende como una mayor velocidad de latido cardíaco ante escuchas de pistas de CMC 2 o media. Lo cual no se ajusta con ninguna de las hipótesis. Ya que se espera que un estímulo medio, no cause algún tipo de estrés que acelere la actividad cardíaca.

	Promedios					
	CMC 1		CMC 2		CMC 3	
	Promedio	σ	Promedio	σ	Promedio	σ
Mean HR	x	Alta	Alto	Bajo	x	Alta
pNN50	x	x	x	x	x	x
LF/HF	x	x	x	x	x	x
ShanEn	x	Baja	x	Media	x	Alta

Tabla 16. Resumen de resultados de promedios en CMC. La 'x' marca los datos que no contribuyeron al análisis general, mientras que aquellos que están nombrados por 'alto', 'bajo' o 'medio', nos indican cualitativamente la magnitud del valor. En rojo se muestra CMC 2 – Mean HR con un promedio alto y una desviación estándar baja, lo que arroja información excitadora a diferencia de los otros rubros.

Para el caso de los promedios por gusto, el gusto alto en Mean HR fue el único campo que generó información, donde la mayoría del gusto alto aumentó la velocidad de latido cardiaco, es decir, que fue de carácter excitador (Tabla 17).

	Promedios					
	Gusto bajo		Gusto medio		Gusto alto	
	Promedio	σ	Promedio	σ	Promedio	σ
Mean HR	x	Alta	Medio	Media	Alto	Bajo
pNN50	Bajo	x	Alto	x	Bajo	x
LF/HF	x	x	x	x	x	x
ShanEn	x	x	x	x	x	x

Tabla 17. Resumen de resultados de promedios por gusto. La 'x' marca los datos que no contribuyeron al análisis general, mientras que aquellos que están nombrados por 'alto', 'bajo' o 'medio', nos indican cualitativamente la magnitud del valor. En rojo se muestra gusto alto – Mean HR con un promedio alto y una desviación estándar baja, lo que arroja información excitadora a diferencia de los otros rubros.

Ambos análisis de promedios, en razones de la presente investigación infructíferos para resolver el problema de la HRV frente a la escucha musical. Ya que, al no pertenecer a un mismo comportamiento en todos los índices la robustez de los mismos decae, sin permitir asegurar conclusión alguna.

En los análisis de tendencias CMC *ipso facto* mostró congruencia en CMC 1 y CMC 3 (Tabla 18). La primera indicando que la escucha de una pista con baja CMC aumenta mayoritariamente la HRV, y la segunda que una CMC alta no causa efectos considerables en la HRV

	Cambios <i>ipso facto</i>			
	Mean HR	pNN50	LF/HF	ShanEn
CMC 1	↓ HRV	↓ HRV	↕ HRV	↓ HRV
CMC 2	↓ HRV	↓ HRV	↑ HRV	↓ HRV
CMC 3	↑ HRV	↕ HRV	↕ HRV	↕ HRV

Tabla 18. Resumen de resultados de tendencias CMC *ipso facto*. En rojo se aprecian los cambios en relación a la HRV que fueron congruentes entre los índices. CMC 1 y CMC 3, mostraron congruencia en sus respectivos comportamientos de cambios *ipso facto* en los cuatro índices.

En las tendencias de CMC *a-posteriori* fueron CMC 2 y CMC 3, los grupos que presentaron consistencia entre sus índices (Gráfica 19). CMC 2 mostrando un aumento mayoritario en HRV y CMC 3 de carácter neutro en la HRV.

	Cambios <i>a-posteriori</i>			
	Mean HR	pNN50	LF/HF	ShanEn
CMC 1	↓ HRV	↑ HRV	↓ HRV	↕ HRV
CMC 2	↑ HRV	↑ HRV	↑ HRV	↑ HRV
CMC 3	↕ HRV	↕ HRV	↕ HRV	↑ HRV

Tabla 19. Resumen de resultados de tendencias CMC *a-posteriori*. En rojo se aprecian los cambios en relación a la HRV que fueron congruentes entre los índices. CMC 2 y CMC 3, mostraron congruencia en sus respectivos comportamientos de cambios *ipso facto* en los cuatro índices. El primero hacia un aumento en la HRV, y el segundo de carácter neutro.

Lo que nos permite decir de CMC que ante una escucha de una CMC mayor, la naturaleza de la HRV es neutra. Y en CMC 1 y 2 el aumento de HRV es consistente en cambios *ipso facto* y *a-posteriori*.

En las tendencias por gusto en los cambios *ipso facto*, únicamente el gusto bajo presentó congruencia en el valor sus índices, apuntando a una merma de la HRV (Gráfica 20).

	Cambios <i>ipso facto</i>			
	Mean HR	pNN50	LF/HF	ShanEn
Gusto bajo	↕ HRV	↓ HRV	↓ HRV	↓ HRV
Gusto medio	↓ HRV	↕ HRV	↕ HRV	↑ HRV
Gusto alto	↕ HRV	↓ HRV	↑ HRV	↓ HRV

Tabla 20. Resumen de resultados de tendencias gusto *ipso facto*. En rojo se aprecian los cambios en relación a la HRV que fueron congruentes entre los índices. Gusto bajo mostró congruencia en sus respectivos comportamientos de cambios *ipso facto* en los cuatro índices, apuntando a una merma de la HRV.

Las tendencias por gusto en cambio *a-posteriori* sólo presentaron consistencia en lo referente al gusto medio, donde el carácter de aumento y neutralidad en los índices se comprendió como escuchas neutras con posibilidad de aumento en la HRV (Gráfica 21).

	Cambios <i>a-posteriori</i>			
	Mean HR	pNN50	LF/HF	ShanEn
Gusto bajo	↑ HRV	↑ HRV	↓ HRV	↑ HRV
Gusto medio	↑ HRV	↑ HRV	↕ HRV	↕ HRV
Gusto alto	↓ HRV	↕ HRV	↑ HRV	↑ HRV

Tabla 21. Resumen de resultados de tendencias gusto *a-posteriori*. En rojo se aprecian los cambios en relación a la HRV que fueron congruentes entre los índices. Gusto medio mostró congruencia en sus respectivos comportamientos de cambios *a-posteriori* en los cuatro índices, apuntando a una neutralidad con posibilidad de aumento en la HRV.

Las tendencias en todo caso, arrojaron no sólo resultados interpretables, sino que además fueron concordantes con la teoría de la HRV. En los concerniente a los cambios *ipso facto* y *a-posteriori* en CMC, estos fueron contrarios a la hipótesis propuesta, en la que se

esperaba que una CMC mayor implicaba una HRV mayor e inversamente para una CMC menor. Esto puede estar hablando de que a diferencia de lo que se espera en la mayoría de las investigaciones acerca de la HRV ante la escucha musical, la música denominada 'clásica', no sea precisamente un tipo de música que pueda ayudar en la salud de la HRV (Iwanaga *et al.*, 2005; Cervellin & Lippi, 2011; Bradt *et al.*, 2013; Van der Heijden *et al.*, 2015). Esto posiblemente a que el estímulo de una CMC mayor implica a su vez un esfuerzo mayor sobre el sistema fisiológico. Lo que a su vez se traduce en estrés, y por tanto en una merma de la HRV (Engler, & Engler, 1995; Staum, & Brotons, 2000; McDermott, & Oxenham, 2008; Sharma, 2009; Bailes, 2010; Cervellin, & Lippi, 2011; Thayer *et al.*, 2012; Roque *et al.*, 2013).

Para el caso de las tendencias de gusto *ipso facto* en cambio, se obtuvieron resultados acordes con la hipótesis, donde el disgusto es causante principal de la merma de la HRV. A su vez, el gusto medio, mostró que su carácter de neutralidad no genera merma en la HRV, y qué incluso podría aumentarla en algunas ocasiones.

7. Conclusión

La conclusión se puede dividir en dos grupos; en interno y externo. El interno referido a los resultados experimentales de la HRV frente a la CMC y el gusto, y el externo a la metodología. En el primer caso, dividido en dos fases; la de carácter individual, dada por fallida, por la ausencia de resultados que prometieran una interpretación consistente, y aquella de tipo general. En ésta última dividida en dos rubros a su vez; el análisis de promedios, igualmente fallido por su falta de resultados sólidos, y el análisis de tendencias. Éste como el único rubro que arrojó datos congruentes a la teoría.

El análisis general de tendencias, nos proporcionó al menos tres conclusiones, 1. Que la escucha de pistas de baja CMC son causantes de un aumento en la HRV, posiblemente debido a la falta de propiedades emergentes en dichas melodías, lo cual, a su vez, se puede considerar como efecto de un estímulo básico sobre el sistema fisiológico. Y la indeterminación de la HRV ante una CMC media, con posibilidad a un aumento de la misma. 2. El disgusto como principal causante de la merma de HRV, y el gusto medio como aquel de carácter neutro para la HRV con posibilidades igualmente de ascenso. Esta segunda conclusión como la única a favor de las hipótesis propuestas. Y 3. Consecuencia de todo lo anteriormente dicho; el cambio en los índices es quizá la perspectiva más eficiente para reconocer el efecto de la escucha musical en la HRV, y no así el análisis de los índices de manera aislada o discreta.

Finalmente, la conclusión de tipo externo nos expone que, ante los estudios subjetivos, es concerniente poner en foco la percepción concientizada de los individuos de estudio, lo cual confiere una mayor información al fenómeno humano. Esto último, quizá siendo, la principal aportación de este trabajo, al mostrar que el conocimiento del gusto por parte de los individuos explica a través del análisis de cambio de los índices, la razón de una merma o un aumento en la HRV. Mas, esta conclusión no debe de tomarse por estrictamente verdadera, ya que, en lo referente al procedimiento experimental hubo ausencia de datos sobre la percepción de los individuos en cuanto a sus emociones y condiciones internas. Es por ello que se aconseja en investigaciones futuras de tipo cognitivo y fisiológico, agregar preguntas de carácter como ¿Qué te hizo sentir el estímulo es cuestión? ¿Cómo sueles relacionarte con dicho estímulo en tu vida diaria? ¿Te sientes afectado por el espacio y lugar de experimento? Etcétera, que permitan dilucidar mejor, las variables principales que influyen en los comportamientos fisiológicos de las personas. Por no mencionar la repetitividad y cantidad de individuos en el experimento. Luego, se podría decir concretamente que es más adecuado aumentar la cantidad de preguntas y realizarlas de forma más estratégica para que arrojen la información deseada, así como tener un control mayor de las variables en el sitio de experimento, que reducir la

variabilidad en las personas. De tal caso que, pueda estudiarse el fenómeno humano holísticamente y no reduccionistamente.

8. Referencias

Acharya, R. Joseph, P. Kannathal, N., Min, C. & Suri, J. (2006) Heart rate variability: a review. *Med. Bio. Eng. Comput.* 44: 1031. <https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0>

Antônio A., Cardoso M. & de Abreu, L. (2014) Fractal Dynamics of Heart Rate Variability: A Study in Healthy Subjects. *JCVd*.

Bailes, F. (2010) Dynamic melody recognition: distinctiveness and the role of musical expertise. *Mem. Cognit.* 38(5):641-50. doi: 10.3758/MC.38.5.641. DOI: 10.3758/MC.38.5.641

Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*, 383(9925), 1325–1332. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)

Berntson, G. G., Bigger, T. J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H. & Van Der Molen, M. W. (1997) Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*. 34: 623–648. <http://doi:10.1111/j.1469-8986.1997.tb02140.x>

Bewick, V., Cheek, L. & Ball, J. (2004). Statistics review 9: One-way analysis of variance. *Critical Care*, 8(2), 130–136. <http://doi.org/10.1186/cc2836>

Billman, G. (2011). Heart Rate Variability – A Historical Perspective. *Frontiers in Physiology*, 2, 86. <http://doi.org/10.3389/fphys.2011.00086>

Brattico, P., Brattico, E., & Vuust, P. (2017). Global Sensory Qualities and Aesthetic Experience in Music. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 159. <http://doi.org/10.3389/fnins.2017.00159>

Brooks, C. & Lange, G. (1977). Interaction of myogenic and neurogenic mechanisms that control heart rate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 74(4), 1761–1762.

Carr, C., Odell-Miller, H., & Priebe, S. (2013). A Systematic Review of Music Therapy Practice and Outcomes with Acute Adult Psychiatric In-Patients. *PLoS ONE*, 8(8), e70252. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0070252>

Casey, M.A. & Westner., W. (2000) Separation of mixed audio sources by independent subspace analysis. *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, Berlin, Germany.

Cervellin, G. & Lippi, G. (2011) From music-beat to heart-beat: a journey in the complex interactions between music, brain and heart. *Eur J Intern Med*, 22, pp. 371-374

Chan, M. F., Chan, E. A., Mok, E. and Kwan Tse, F. Y. (2009), Effect of music on depression levels and physiological responses in community-based older adults. *International Journal of Mental Health Nursing*, 18: 285-294. doi:10.1111/j.1447-0349.2009.00614.x

De Souza, A., Cisternas, J., de Abreu, L., Roque, A., Monteiro, C., Adami, F. & Valenti, V. (2014) Fractal correlation property of heart rate variability in response to the postural change maneuver in healthy women. *International Archives of Medicine*, 7, 25. <http://doi.org/10.1186/1755-7682-7-25>

Dong J. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental Therapy Medicine* 11(5), 1531-1536.

Engler, M. & Engler, M. (1995) Assessment of the cardiovascular effects of stress. *J Cardiovasc Nurs*. Oct; 10(1): 51–63.

Ellis, B. & Herbert, S. (2011). Complex adaptive systems (CAS): an overview of key elements, characteristics and application to management theory. *Journal of Innovation in Health Informatics*, 19(1), 33-37. doi:<http://dx.doi.org/10.14236/jhi.v19i1.791>

Farías J., Mascher D., Paredes-Carbajal M., Torres-Durán P. & Juárez-Oropeza M. (2010) El marcapaso del corazón puede ser modulado por la acetilcolina mediante una vía delimitada a la membrana. *Rev Educ Bioquímica*; 29 (2) Language: español. References: 29 Page: 29-38

Fleck, L. (1986) *La génesis y desarrollo de un hecho científico*. Alianza Universidad. Madrid, España. Pp. 67-77

Flores-Gutiérrez, E., & Díaz, J. L. (2009) The emotional response to music: Attribution of emotion words to musical segments. *Salud Mental*, 32, 21-34.

Fusco, G. & Minelli, A. (2010). Phenotypic plasticity in development and evolution: facts and concepts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1540), 547–556. <http://doi.org/10.1098/rstb.2009.0267>

Holland, J. (2014) *Complexity: A very short introduction*. Oxford University Press. Oxford, E.U.A.

Husserl, E. (2008) *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*. Prometeo libros. Buenos Aires, Argentina. Pp. 63-104, 190-192.

Hussey J. (1995) *Physiology of the Cardiorespiratory System*. In: Prasad S.A., Hussey J., Campling J. (eds) *Paediatric Respiratory Care*. Springer, Boston, MA

Iwanaga, M., Kobayashi, A. & Kawasaki, C. (2005) Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biol. Psychol.*, 70 (1), pp. 61-66

Karakaya, O., Barutcu, I., Kaya, D., Metin, A., Saglam, M., Melek, M., Onrat, E., Turkmen, M., Batukan, O. & Kaymaz, C. (2007) Acute effect of cigarette smoking on heart rate variability. *Angiology*. Oct-Nov; 58(5): 620–624. doi: 10.1177/0003319706294555

Kemper, K. & Danhauer, S. (2005) Music as therapy. *South Med J*. 98:282–8

Khalaf, K., Jelinek, H., Robinson, C., Cornforth, D. Tarvainen, M. & Al-Aubaidy, H. (2015). Complex Nonlinear Autonomic Nervous System Modulation Link Cardiac Autonomic Neuropathy and Peripheral Vascular Disease. *Frontiers in physiology*. 6. 101. 10.3389/fphys.2015.00101.

Kliuchko, M., Heinonen-Guzejev, M., Monacis, L., Gold, B. P., Heikkilä, K. V., Spinosa, V., ... Brattico, E. (2015). The association of noise sensitivity with music listening, training, and aptitude. *Noise & Health*, 17(78), 350–357. <http://doi.org/10.4103/1463-1741.165065>

Koelsch, S. & Jäncke, L. (2015) Music and the heart. *Eur Heart J*. 2015 Nov 21; 36(44): 3043–3049. Publicado online 2015 Sep 9. <http://doi:10.1093/eurheartj/ehv430>

Kreitz, C., Furley, P., Memmert, D. & Simons, D. (2015). Inattentional Blindness and Individual Differences in Cognitive Abilities. *PLoS ONE*, 10(8), e0134675. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0134675>

Kripke, S. (1985) El nombrar y la necesidad. Imprenta universitaria. Ciudad de México, México. Pp. 31-79.

Kristal, E., Raifel, M., Froom, P. & Ribak, J. (1995). Heart rate variability in health and disease. *Scand. J. Work. Environ. Health* 21, 85–95.

Kuhn, T. (1989) ¿Qué son las revoluciones científicas? Y otros ensayos. Ediciones Paidós ibérica S. A. Barcelona, España. Pp. 95-137

Krygier, J., Heathers, J., Shahrestani, S., Abbott, M., Gross, J. & Kemp, A. (2013) Mindfulness meditation, well-being and heart rate variability: A preliminary investigation into the impact of intensive Vipassana meditation. *International Journal of Psychophysiology*. Vol. 89(3). Pp. 305-313. ISSN 0167-8760. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.06.017>

Laland K., Matthews B., Feldman M. W. (2016). An introduction to niche construction theory. *Evol. Ecol.* 30 191–202. 10.1007/s10682-016-9821-z

Laricchiuta, D. & Petrosini, L. (2014). Individual differences in response to positive and negative stimuli: endocannabinoid-based insight on approach and avoidance behaviors. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8, 238. <http://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00238>

Levy, M. N., Yang, T. & Wallick, D. W. (1993). Assessment of Beat-by-Beat Control of Heart Rate by the Autonomic Nervous System: Molecular Biology Techniques Are Necessary, But Not Sufficient. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 4: 183-193. doi:10.1111/j.1540-8167.1993.tb01222.x

Lüderitz, B. (2003) Historical perspective on interventional electrophysiology. *Interv. Card. Electrophysiol.* 9: 75. <https://doi.org/10.1023/A:1026226816096>

Lohse, M., Engelhardt, S. & Eschenhagen, T. (2003) What Is the Role of β -Adrenergic Signaling in Heart Failure? *Circulation Research*. 93:896-906. <https://doi.org/10.1161/01.RES.0000102042.83024.CA>

Marks, A. (2003). Calcium and the heart: a question of life and death. *Journal of Clinical Investigation*, 111(5), 597–600. <http://doi.org/10.1172/JCI200318067>

Matsota, P., Christodouloupoulou, T., Smyrnioti, M., Pandazi, A., Kanellopoulos, I., Koursoumi, E., Karamanis, P. & Kostopanagiotou, G. (2013) Music's use for anesthesia and analgesia. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 19:4, 298-307

Matthew N. (1971) Sympathetic-Parasympathetic interactions in the heart. *Circulation Research*. 29:437-445, originally published November 1.

McCorry, L. (2007). Physiology of the Autonomic Nervous System. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 71(4), 78.

McDermott, J. & Oxenham, A. (2008). Music perception, pitch, and the auditory system. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(4), 452–463. <http://doi.org/10.1016/j.conb.2008.09.005>

Nijhout, H., Sadre-Marandi, F. Best, J. & Reed, M. (2017) Systems biology of phenotypic robustness and plasticity. *Integr Comp Biol*. 57(2):171-184. doi: 10.1093/icb/ix076.

Nicholson, J. M., Berthelsen, D., Abad, V., Williams, K., & Bradley, J. (2008). Impact of music therapy to promote positive parenting and child development. *Journal of Health Psychology*, 13(2), 226–238. <http://doi.org/10.1177/1359105307086705>

Ottolia, M. (2013) Na/Ca exchange and contraction of the heart. *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, Volumen 61, 28 – 33

O'Brien, I., O'Hare, P. & Corral, R. (1986). Heart rate variability in healthy subjects: effect of age and the derivation of normal ranges for tests of autonomic function. *British Heart Journal*, 55(4), 348–354.

Percino, G., Klimek, P., & Thurner, S. (2014). Instrumentational Complexity of Music Genres and Why Simplicity Sells. *PLoS ONE*, 9(12), e115255. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0115255>

Pichon, A. (2006) Spectral analysis of heart rate variability: interchangeability between autoregressive analysis and fast Fourier transform. *Journal of Electrocardiology*. Volume 39, Issue 1, 31 - 37

Purves, D., Augustine G. & Fitzpatrick, D. (2001) Two Families of Postsynaptic Receptors. Sinauer Associates. editors. Neuroscience. 2nd edition. Sunderland (MA) Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10855/>

Quine, V. W. (1974) La realidad ontológica y otros ensayos: La naturalización de la epistemología. Editorial Tecnos. Madrid, España. Pp. 93-121.

Raglio, A., Attardo, L., Gontero, G., Rollino, S., Groppo, E., & Granieri, E. (2015). Effects of music and music therapy on mood in neurological patients. *World Journal of Psychiatry*, 5(1), 68–78. <http://doi.org/10.5498/wjp.v5.i1.68>

Ravé G. & Fortrat J. (2016) Heart rate variability in the standing position reflects training adaptation in professional soccer players. *European Journal of Applied Physiology* 116(8), 1575-1582.

Richman, Joshua & Moorman, Randal. (2000) Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. 278:6, H2039-H2049.

Rodas, G., Ramos, C. & Ortís L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (I). *Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, ISSN 0212-8799, Nº. 123, 2008, pags. 41-48. 123.

Roque, A. L., Valenti, V. E., Guida, H. L., Campos, M. F., Knap, A., Vanderlei, L. C. M. & de Abreu, L. C. (2013). The effects of auditory stimulation with music on heart rate variability in healthy women. *Clinics*, 68 (7), 960–967. [http://doi.org/10.6061/clinics/2013\(07\)12](http://doi.org/10.6061/clinics/2013(07)12)

Russell, B. (1986) Los problemas de la filosofía. Capítulo 6 La inducción. Labor. Barcelona, España. Pp. 58 - 66

Staum, M. & Brotons, M. (2000) The effect of music amplitude on the relaxation response. *J. Music Ther. Spring*;37(1):22-39.

Sawane, M. & Gupta, S. (2015). Resting heart rate variability after yogic training and swimming: A prospective randomized comparative trial. *International Journal of Yoga*, 8(2), 96–102. <http://doi.org/10.4103/0973-6131.154069>

Sharma, V. (2009). Deterministic Chaos and Fractal Complexity in the Dynamics of Cardiovascular Behavior: Perspectives on a New Frontier. *The Open Cardiovascular Medicine Journal*, 3, 110–123. <http://doi.org/10.2174/1874192400903010110>

Schaefer, H.-E. (2017). Music-Evoked Emotions—Current Studies. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 600. <http://doi.org/10.3389/fnins.2017.00600>

Silvetti, M. (2001) Heart rate variability in healthy children and adolescents is partially related to age and gender. *International Journal of Cardiology* , Volume 81 , Issue 2 , 169 – 174

Slagsvold, T. & Wiebe, K. (2007) Learning ecological niche. *Proc. R. Soc. B*. Vol. 274. Pp. 19-23; DOI: 10.1098/rspb.2006.3663.

Soley, G., & Spelke, E. S. (2016). Shared cultural knowledge: Effects of music on young children’s social preferences. *Cognition*, 148, 106–116. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2015.09.017>

Sterling, P. (2004) Principles of Allostasis: Optimal Design, Predictive Regulation, Pathophysiology, and Rational Therapeutics. In: Schulkin, J., Ed., *Allostasis, Homeostasis, and the Costs of Physiological Adaptation*, Cambridge University Press, Cambridge, 17-64.

Stroud, B. (1995) Hume. Universidad Nacional Autónoma de México. *Investigaciones filosóficas*. Ciudad de México, México. Pp. 65-101

Stroud, B. (2002) El escepticismo filosófico y su significación. Fondo de Cultura Económica. Ciudad de México, México. Pp. 165-198

Tarr, B., Launay, J., & Dunbar, R. I. M. (2014). Music and social bonding: “self-other” merging and neurohormonal mechanisms. *Frontiers in Psychology*, 5, 1096. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01096>

Tarvainen, M., Niskanen, J., Lipponen, J., Ranta-aho, P. & Karjalainen, P. (2014) Kubios HRV – Heart rate variability analysis software. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Volume 113, Issue 1.

Teie, D. (2016). A Comparative Analysis of the Universal Elements of Music and the Fetal Environment. *Frontiers in Psychology*, 7, 1158. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01158>

Thayer, J.F., Ahs, F., Fredrikson, M., Sollers, J.J. & Wager, T.D. (2012) A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 36 (2), pp. 747-756 [10.1016/j.neubiorev.2011.11.009](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009)

Thoma, M. V., La Marca, R., Brönnimann, R., Finkel, L., Ehlert, U., & Nater, U. M. (2013). The Effect of Music on the Human Stress Response. *PLoS ONE*, 8(8), e70156. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0070156>

Tyagi, A. & Cohen, M. (2016). Yoga and heart rate variability: A comprehensive review of the literature. *International Journal of Yoga*, 9(2), 97–113. <http://doi.org/10.4103/0973-6131.183712>

Viorel G. & Jay N. (2014) The Autonomic Nervous System and Heart Failure. *Circulation Research*. 2014;114:1815-1826. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.114.302589>

Vuust, P., & Witek, M. A. G. (2014). Rhythmic complexity and predictive coding: a novel approach to modeling rhythm and meter perception in music. *Frontiers in Psychology*, 5, 1111. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01111>

Wittgenstein, L. (1976) *Los cuadernos azul y marrón*. Editorial Tecnos. Madrid, España. Pp. 44-46

Wu, G., Arzeno, N, Shen, L., Tang, D., Zheng, D., Zhao, N., Eckberg, D. & Poon, C. (2009) Chaotic signatures of heart rate variability and its power spectrum in health, aging and heart failure. *PLoS one* 4, no. 2, p. e4323

Zaluaga, Mauricio (2012) *El principio de cierre lógico del conocimiento y el escepticismo*. Praxis filosófica. Universidad del Valle. Cali, Colombia. Núm. 35 julio - diciembre. Pp. 97 - 110

Zhong, Y., Jan, K. & Chon, K. (2006) Frequency modulation between low- and high- frequency components of the heart rate variability spectrum may indicate sympathetic-parasympathetic nonlinear interactions. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* 1: 6438-6441.