



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

---

---

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ÁREA ACADÉMICA DE PSICOLOGÍA

**“RESPUESTA DE LA MODULACIÓN CARDÍACA  
AUTONÓMICA ANTE EL ESTRÉS COGNITIVO EN  
ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE PSICOLOGÍA”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**LICENCIADO EN PSICOLOGÍA**

**P R E S E N T A:**

**CESAR ARNULFO MORALES LÓPEZ**

DIRECTOR

**DR. ABEL LERMA TALAMANTES**



San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México, agosto del 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
Instituto de Ciencias de la Salud  
School of Health Sciences  
Área Académica de Psicología  
Department of Psychology

19 de agosto de 2020  
Asunto: Autorización de impresión formal

DRA. REBECA MARÍA ELENA GUZMÁN SALDAÑA  
JEFA DEL ÁREA ACADÉMICA DE PSICOLOGÍA  
Head of academic psychology area

Manifiesto a usted que se autoriza la impresión formal del trabajo de investigación del pasante **César Arnulfo Morales López**, bajo la modalidad de Tesis Individual cuyo título es: **“Respuesta de la modulación cardíaca autonómica ante el estrés cognitivo en estudiantes universitarios de psicología”** debido a que reúne los requisitos de decoro académico a que obligan los reglamentos en vigor para ser discutidos por los miembros del jurado.

“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”

Nombres de los Docentes Jurados	Cargo	Firma de Aceptación del Trabajo para su Impresión Formal
Dra. Rebeca María Elena Guzmán Saldaña	Presidente	
Dr. Abel Lerma Talamantes	Primer Vocal	
Dra. Angélica Romero Palencia	Segundo Vocal	
Mtro. Jesús Antonio Carrillo Citalán	Tercer Vocal	
Dr. Rubén García Cruz	Secretario	
Dra. Claudia Margarita González Fragoso	Suplente	
Dra. Lillian Elizabeth Bosques Brugada	Suplente	



PROMOTORse



Cirujita Ex Hacienda La Concepción S.N  
Carretera Pachuca Actopan  
San Agustín Tlaxiela, Hidalgo, México, C.P. 42160  
Teléfono: 52 (771) 71 720 00 Ext. 4325, 4326, 4344 y 4313  
psicologia@uaeh.edu.mx

[www.uaeh.edu.mx](http://www.uaeh.edu.mx)

## **Agradecimientos**

A mi madre, mi padre, mis hermanas y hermanos, familia y amigos por su invaluable y constante amor y soporte.

Al Dr. Abel Lerma Talamantes y a la Dra. Claudia Lerma González, por todas sus luces y conocimientos, por su confianza y fraternal guía.

Al Dr. José Esael Pineda Sánchez por toda su dedicación, apoyo y entrañable amistad.

A mis compañeros del Laboratorio de Psicofisiología: Yesenia Trejo Ledezma, Catia Sarabia Hernández, Marisol de Alba Azpeitia, Marisol González Hernández, Jesús Adrián Figueroa Hernández, Geovanni de la Cruz Méndez, Hannia Fredel Juárez Rosas, Brian Jesús González Hernández ya que sin ellos la realización de este trabajo hubiera resultado imposible.

A todos mis compañeros de carrera de quienes tuve la oportunidad de aprender y formarme en esta bellísima ciencia.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y a sus catedráticos, quienes me transmitieron la mejor instrucción y experiencia durante todo este trayecto.

**Esta Tesis Profesional fue apoyada parcialmente por PROMEP-SEP (Proyecto PRODEP-2019-0066).**

## Índice

<b>Glosario de abreviaturas</b> .....	<b>1</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>Capítulo 1. Estrés cognitivo</b> .....	<b>7</b>
1.1 Definiciones de estrés.....	7
1.2 Eustrés y distrés.....	9
1.3 Factores psicosociales.....	10
1.4 Principales teorías del estrés.....	11
1.4.1 Teorías basadas en la respuesta.....	12
1.4.1.1 Síndrome general de adaptación.....	13
1.4.2 Teorías basadas en el estímulo.....	15
1.4.2.1 Sucesos vitales.....	16
1.4.2.2 Contratiempos cotidianos.....	16
1.4.3 Teorías basadas en la interacción.....	17
1.4.4 Modelo procesual.....	18
1.5 Evaluación cognitiva.....	19
1.5.1 Valoración primaria.....	20
1.5.2 Valoración secundaria.....	20
1.5.3 Reevaluación.....	21
1.6 Respuestas de estrés.....	21
1.7 Grupos especialmente vulnerables al estrés.....	23
1.8 Estresores del ambiente físico.....	24
1.9 Variables personales.....	24
1.10 Enfermedades relacionadas al estrés.....	26
1.11 Técnicas de afrontamiento del estrés.....	27
1.12 Estilos de afrontamiento.....	29
1.12.1 Sentido de coherencia.....	30
1.12.2 Resiliencia.....	32
1.13 Técnicas para la prevención del estrés.....	33

<b>Capítulo 2. Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)</b> .....	<b>36</b>
2.1 Historia de la VFC .....	36
2.2 Teoría de la complejidad .....	38
2.2.1 Teoría de la complejidad y VFC.....	38
2.2.2 Teoría del caos y VFC .....	41
2.2.3 Sistemas lineales.....	43
2.2.4 Sistemas no-lineales.....	44
2.3 Sistema nervioso autónomo.....	45
2.3.1 Introducción .....	45
2.3.2 Sistema nervioso simpático, parasimpático y entérico .....	47
2.4 Fisiología cardíaca .....	50
2.5 Fundamentos de la VFC .....	54
2.5.1 Registro electrocardiográfico .....	58
2.5.2 Diseño de experimentos en VFC .....	62
2.5.3 Principales parámetros de estudio.....	65
2.5.3.1 Parámetros del dominio de tiempo.....	65
2.5.3.2 Medidas geométricas .....	67
2.5.3.3 Parámetros de dominio de frecuencias.....	67
2.5.3.4 Métodos de dominio tiempo-frecuencia .....	73
2.5.3.5 Medidas no lineales .....	76
<b>Capítulo 3. VFC y respuesta al estrés</b> .....	<b>81</b>
3.1 Biomarcadores del estrés.....	84
3.2 Estudios clínicos de la VFC y el estrés .....	87
<b>Capítulo 4. Planteamiento del problema</b> .....	<b>93</b>
4.1 Justificación.....	93
4.2 Pregunta de investigación .....	95
4.3 Objetivos .....	95
4.3.1 Objetivo general.....	95
4.3.2 Objetivos específicos.....	95
4.4 Hipótesis. ....	96
4.4.1 Hipótesis conceptual.....	96

4.4.2 Hipótesis estadística.....	96
<b>Capítulo 5 Método.....</b>	<b>97</b>
5.1 Variables .....	97
5.2 Tipo de estudio y diseño .....	99
5.3 Participantes .....	100
5.3.1 Muestra y tipo de muestreo .....	100
5.3.2 Criterios de inclusión .....	100
5.3.3 Criterios de exclusión .....	101
5.3.4 Criterios de eliminación .....	101
5.4 Instrumentos .....	101
5.5 Procedimiento .....	102
5.6 Aspectos éticos .....	104
5.7 Recursos y materiales.....	105
<b>Capítulo 6. Resultados .....</b>	<b>107</b>
6.1 Análisis de los datos.....	107
6.2 Resultados .....	107
<b>Capítulo 7. Discusión y conclusiones.....</b>	<b>112</b>
7.1 Sugerencias y limitaciones.....	116
<b>Referencias .....</b>	<b>118</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>132</b>
Anexo 1. Cronograma del estudio.....	132
Anexo 2. Consentimiento Informado. ....	133
Anexo 3. Hoja de registro de datos. ....	136
Anexo 4. Hoja de resultados de Kubios HRV.....	137
Anexo 5. Resumen con resultados preliminares de este proyecto, presentados en el LXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A. C. (agosto 2019). ....	138
Anexo 6. Carta de aceptación del póster con resultados preliminares de este proyecto, presentados en el LXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A. C. (agosto 2019).....	139

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Tipos de respuestas al estrés. ....	22
Cuadro 2. Variables de personalidad y trastornos psicosomáticos asociados.....	24
Cuadro 3. Padecimientos provocados por el estrés. ....	26
Cuadro 4. Técnicas para la prevención del estrés.....	33
Cuadro 5. Evolución histórica del estudio de la VFC.....	36
Cuadro 6. Principales aportaciones a la teoría de la complejidad. ....	39
Cuadro 7. Parámetros comprendidos en el dominio de tiempo. ....	65
Cuadro 8. Parámetros comprendidos en el dominio de frecuencia. ....	71
Cuadro 9. Parámetros no-lineales. ....	77
Cuadro 10. Biomarcadores del estrés. ....	85
Cuadro 11. Estudios clínicos relacionados a la VFC y al estrés.....	88
Cuadro 12. Variables de resultado. ....	97
Cuadro 13. Variables sociodemográficas y académicas. ....	98
Cuadro 14. Descripción del equipo de registro psicofisiológico.....	101

## Índice de Figuras

Figura 1. Modelo procesual del estrés.....	19
Figura 2. Ramas simpática y parasimpática del SNA. ....	48
Figura 3. Estructuras cardíacas.....	52
Figura 4. Conducción de los impulsos cardíacos y su relación con el ECG. ....	53
Figura 5. Componentes del ECG.....	59
Figura 6. Variación de los latidos en intervalos R-R o VFC. ....	61
Figura 7. Señales sinusoidales.....	68
Figura 8. Procesamiento de señal para análisis espectral de tiempo variable.....	69
Figura 9. Señal ECG bajo un filtro de TWC. ....	75
Figura 10. Representación gráfica del índice $\alpha_1$ .....	80
Figura 11. Diagrama de la respuesta fisiológica al estrés. ....	84
Figura 12. Relación entre las variables de estudio. ....	92

## Índice de Tablas

Tabla 1. Puntuación de estrés percibido e índices de la VFC, evaluados en 3 tiempos.....	108
Tabla 2. Correlaciones de Pearson del estrés percibido con los índices de la VFC evaluados en 3 tiempos.....	110



## Glosario de abreviaturas

alpha-1 ( $\alpha_1$ ):	Pendiente de fluctuación a corto plazo, sirve para conocer el grado de regularidad o aleatoriedad de la VFC.
ASR:	Arritmia del sinus respiratorio.
ECG:	Electrocardiograma.
FC:	Frecuencia cardíaca.
FFT:	<i>Fast Fourier Transform</i> , o Transformada rápida de Fourier.
HF:	<i>High frequency</i> , o frecuencias altas, ubicadas entre 0.15 y 40 Hz.
IBI:	<i>Interbeat interval</i> , o intervalo entre latidos.
LF:	<i>Low frequency</i> , o frecuencias bajas, ubicadas entre 0.04 y 0.15 Hz.
LF/HF:	Promedio entre frecuencias bajas y frecuencias altas.
MeanRR:	Promedio entre intervalos R-R o N-N.
pNN50:	Porcentaje de los intervalos R-R o N-N consecutivos que difieren en 50 ms entre sí, dividido por el número total de los intervalos R-R.
R-R o N-N:	<i>Normal to normal</i> , intervalo que describe el ciclo completo entre un latido cardíaco y otro, medido a través de los picos R.
SA:	Nódulo sinoatrial.
SCV:	Sistema cardiovascular.
SDNN:	Desviación estándar entre intervalos R-R o N-N.
SGA:	Síndrome general de adaptación.
SNA:	Sistema nervioso autónomo.
SNC:	Sistema nervioso central.
SNE:	Sistema nervioso entérico.
SNP:	Sistema nervioso periférico     Sistema nervioso parasimpático.
SNS:	Sistema nervioso simpático.
VFC:	Variabilidad de la frecuencia cardíaca.

## Resumen

Se reconoce actualmente al estrés como un factor de riesgo significativo para la aparición y desarrollo de trastornos, tanto a nivel físico como psicológico, capaz de afectar la calidad de vida en general, problemática que requiere mayor investigación debido a su creciente incidencia en todas las edades y grupos poblacionales. Uno de los métodos más eficaces para la investigación del estrés es el análisis de la *variabilidad de la frecuencia cardíaca* (VFC) el cual permite identificar la capacidad de modulación cardíaca ante situaciones estresantes, determinando la capacidad de afrontamiento para así promover conductas saludables. El objetivo de la presente investigación es conocer la respuesta cardíaca de los estudiantes de nuevo ingreso ante estrés cognitivo. Se realizó un estudio de tipo correlacional y de asociación con un diseño cuasi-experimental de un solo grupo antes-después. Participaron 45 estudiantes universitarios, 67% mujeres y 33% hombres, de nuevo ingreso a la Licenciatura en Psicología con una media de edad de 19 años (DE= 1.7). El muestreo fue no probabilístico, por disponibilidad y casos consecutivos. Se efectuaron mediciones electrocardiográficas bajo 3 condiciones utilizando equipo de registro psicofisiológico ProComp Infiniti mediante potenciales de evocación. Posteriormente se realizó una limpieza de las señales utilizando software QRSTool y Kubios HRV, mismos que fueron analizados mediante SPSS Statistics. Los resultados muestran un aumento en la actividad simpática y disminución de actividad parasimpática durante la fase de estrés, con una tendencia a reestablecer la variabilidad del estado basal durante la fase de recuperación, lo cual refleja la capacidad de respuesta fisiológica en la modulación autonómica cardíaca ante los estímulos estresantes.

**Palabras clave:** Estrés Cognitivo, Modulación Cardíaca Autonómica, Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca, Estudiantes Universitarios.

## Abstract

Stress is currently recognized as a significant risk factor for the occurrence and development of disorders, both physical and psychologically, capable of affecting quality of life in general, a problem that requires further investigation due to its increasing incidence at all ages and population groups. One of the most effective methods in stress research is the Heart Rate Variability (HRV) analysis, which allows to identify the ability of cardiac modulation in stressful situations, determining the ability to cope in order to promote healthier behaviors. The aim of this research is to know the cardiac response of new students to cognitive stress. A correlational and associational study was carried out with a quasi-experimental design of a single pre-post group. 45 university students participated, 66% women and 33% men (SD= 1.7), at the entry-level of bachelor's degree, with an average age of 19 years. A non-probability, convenience and consecutive sampling was used. Electrocardiographic measurements were performed under 3 conditions using the ProComp Infiniti psychophysiological recording equipment using evoked potentials. Subsequently, the signals were cleaned using the QRSTool and Kubios HRV software, which were analyzed using SPSS Statistics. The results show an increase in sympathetic activity and a decrease in parasympathetic activity during the stress phase, with a tendency to reestablish the variability of the basal state during the recovery phase, reflecting the physiological response capacity in cardiac autonomic modulation response to stressful stimuli.

**Keywords:** Cognitive Stress, Cardiac Autonomic Modulation, Heart Rate Variability, University Students.

## Introducción

Actualmente el estrés es un problema de salud pública generalizado, de tipo multifactorial, que precisa la adquisición de habilidades que permitan satisfacer las exigencias y retos del medio (Espinoza *et al.*, 2018). Atender los problemas de malestar socioemocional provocado por el estrés no es únicamente relevante desde un enfoque de la salud mental, sino también desde un aspecto académico, ya que influye en el desempeño académico y en la motivación por el aprendizaje (Bermúdez, 2018).

La vida universitaria supone un espacio de crecimiento y desarrollo personal e intelectual, sin embargo, también implica el compromiso de mantener un rendimiento académico adecuado, el cual muchas veces puede llegar a tornarse angustiante debido al nivel de exigencia creciente, así como a las nuevas responsabilidades sociales que el estudiante adquiere. Aunado a esto, existen condiciones personales, institucionales y sociales que afectan de forma directa tanto el bienestar físico como anímico de los jóvenes (Castrillón *et al.*, 2015; Carranza *et al.*, 2017).

El cambio de entorno, especialmente en el caso de los estudiantes foráneos y de los primeros grados escolares, induce necesariamente un proceso de adaptación. Se sabe, además, que el entorno académico interactúa con otros factores, como son autoestima, dinámica familiar, bienestar psicológico y relaciones sociales (González, 2018).

Se ha observado que altos niveles de estrés durante periodos prolongados repercuten de forma negativa en los estudiantes, incrementando sentimientos de desprotección, desmotivación, autocrítica y pérdida de interés, lo cual puede derivar en enfermedades físicas, inicio o incremento en consumo de abuso de sustancias, trastornos de conducta y potencial ideación suicida. (Cobiellas *et al.*, 2020).

El estrés repercute de forma manifiesta en los estudiantes universitarios, deteriorando gradualmente al sistema inmunológico y la salud mental lo cual los

lleva a cambios en su estilo de vida adoptando hábitos que pueden llegar a ser perjudiciales (Fernández, 2009). A nivel cognitivo, se ha relacionado al estrés con fallos de memoria y dificultades de aprendizaje, así como con alteraciones en la percepción subjetiva y valoración de la realidad (Bedoya-Cardona y Vásquez-Caballero, 2019).

En este sentido, los centros universitarios juegan un rol esencial para la promoción de la salud emocional y psicológica de los estudiantes, logrando el desarrollo y fortalecimiento de habilidades que los preparen para tener una mejor adaptación a las exigencias vocacionales y académicas, así como a las presiones a las que se vean expuestos durante su vida cotidiana (Calzada, 2017).

Por otra parte, la modulación cardíaca autonómica hace referencia a la adaptación del sistema nervioso autónomo (SNA) sobre el funcionamiento cardíaco. Este signo vital es capaz de ser estimado mediante la frecuencia cardíaca (FC), la cual representa el número de latidos y contracciones del corazón durante un periodo de tiempo definido. (Lozada *et al.*, 2020). El análisis de la FC se realiza mediante el registro de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), mediante electrocardiograma (ECG). Este método permite evaluar los cambios en el balance simpático-vagal (Ortiz-Alcolea *et al.*, 2020), principales moduladores del funcionamiento cardíaco.

Estudios previos han demostrado disminución en la VFC relacionada a tareas emocionales o que implican atención sostenida, lo cual implica el desarrollo de estrategias y métodos que sirvan de pronóstico para reducir el riesgo de potenciales problemas cardíacos y psicológicos (Pérez *et al.*, 2014).

Debido a que la atención es la base de los procesos de aprendizaje y la FC varía en función de las demandas de la tarea cognitiva, en su conjunto, la VFC es altamente sensible a las demandas globales de atención sostenida por encima de la influencia de otros procesos cognitivos, de las dimensiones estructurales de la personalidad, del estado de ánimo y del sueño con su interacción comportamiento

emocional, o de los tipos vespertino–matutino con influencia en el aprendizaje (Rodríguez de Ávila *et. al.*, 2018).

Uno de las principales áreas en la cual se ha estudiado el estrés cognitivo ha sido en población universitaria y ambientes escolares (Fernández, 2009; Romero, 2009; Grases, 2010; García, 2011; Gufanti, 2011; Laura, 2014; Franco, 2015; Carranza *et. al.*, 2017; Pineda *et. al.*, 2017; Benavente y Quevedo, 2018; Bermúdez, 2018; González, 2018; Bedoya-Cardona y Vásquez-Caballero, 2019; Cuenca, 2019; Kefauver, 2019; Cobiellas *et. al.*, 2020).

Así mismo, la VFC ha sido ampliamente estudiada en diversas áreas, como trastornos del estado del estado de ánimo y emociones (McCraty y Childre, 2010; Fonfría *et. al.*, 2011; Fernández, 2012; Torres, 2017; Espinoza *et. al.*, 2018; Román, 2018), estrés y ansiedad (Berntson *et. al.*, 1997; Grossman y Taylor, 2007; Thayer *et. al.*, 2009; Gómez-Alcaina *et. al.*, 2013; Lehrer, 2013; Reyes del Paso *et. al.*, 2013; Pérez *et. al.*, 2014; Brisinda *et. al.*, 2015; Laborde *et. al.*, 2017; Martínez; León-Regal *et. al.*, 2019 y López, 2019), aprendizaje, cognición y rendimiento académico (Castrillón *et. al.*, 2015; Nakayama *et. al.*, 2018; Rodríguez de Ávila *et. al.*, 2018; Lozada *et. al.*, 2020).

En la presente investigación se analiza la influencia del estrés cognitivo en la respuesta cardíaca autonómica y su consecuente análisis de variabilidad, esto con el fin de determinar la capacidad de modulación del estrés y su nivel de efectividad en los estudiantes noveles de la licenciatura en psicología.

En el primer capítulo se expone una revisión sobre los aspectos más relevantes en torno al estrés cognitivo y sus principales componentes. En el segundo capítulo se abordan de forma global temas directamente vinculados al estudio de la modulación cardíaca autonómica, así como los elementos esenciales del estudio de la VFC. Así mismo, el tercer capítulo articula la relación existente entre el estrés cognitivo y la respuesta cardíaca autonómica. Finalmente, los capítulos subsecuentes se encargan de abordar los aspectos metodológicos del presente trabajo, así como los resultados y conclusiones.

## Capítulo 1. Estrés cognitivo

### 1.1 Definiciones de estrés

El origen del estrés tiene un pasado bastante remoto ya que se trata de una cualidad intrínseca a todos los organismos y especies, cuya funcionalidad principal estriba en lograr una adaptación al medio, permitiendo así su conservación y supervivencia evolutiva (Megías y Castro, 2018).

Por esta razón, el estrés forma parte de la propia condición humana. Se le ha considerado como un factor de subsistencia necesario desde los tiempos del hombre prehistórico, cuando éste se veía en la necesidad de combatir o escapar ante las amenazas de su medio para defender su vida y para proveerse de alimentos, así como para proteger a su descendencia (Fernández, 2009).

En el terreno científico el término estrés fue originalmente acuñado dentro de la física por Robert Hooke (1635-1703), quien observó la deformación de un cuerpo al ser sometido por una fuerza aplicada, fenómeno que denominó energía potencial elástica. La relación entre la fuerza aplicada a un objeto elástico (estrés) es directamente proporcional a la deformación que experimenta. Al cesar la acción de la fuerza, el cuerpo tiende a recuperar sus dimensiones iniciales. En caso de que el límite de elasticidad del material se sobrepase, éste ya no es capaz de recuperar su forma original y el objeto queda deformado. Eventualmente el término estrés se utilizó como analogía dentro de las ciencias médicas y de la salud, comparándolo con el desgaste producido por el sistema nervioso (Espinoza *et al.*, 2018).

Los estudios psicológicos relativos al estrés tuvieron una importancia fundamental durante la época de la Segunda Guerra Mundial, enfocándose principalmente en los efectos del estrés post-traumático presentado por los militares. De forma progresiva las investigaciones se extendieron hacia el resto de la población civil, observando que el estrés afectaba igualmente a la ciudadanía en su quehacer cotidiano (González, 2018).

Cannon (1932, citado en: Calzada, 2017) definió al estrés como: “Una reacción fisiológica provocada por la percepción de situaciones o estímulos aversivos o placenteros que podrían provocar un debilitamiento de los mecanismos homeostáticos”. Así mismo, Cannon (1929, citado en: Romero, 2009) fue el primero en realizar estudios sobre la respuesta de ataque-huida (*fight or flight*) como reacción ante estímulos peligrosos.

De forma paralela, Selye (1936, citado en: Herrera-Covarrubias *et. al.*, 2017) lo definió como: “Una respuesta biológica inespecífica, estereotipada y siempre igual, al factor estresante mediante cambios en los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico”. Selye es quien introduce de manera oficial el término “estrés” (Reynoso-Erao y Ávila-Costa, 2014).

Holmes y Rahe (1967, citado en: Romero, 2009) argumentan que: “El estrés es cualquier circunstancia que, de forma inusual o extraordinaria, exige del individuo un cambio en su modo de vida habitual”.

Posteriormente Lazarus y Folkman (1986, citado en: Bedoya-Cardona y Vásquez-Caballero, 2019) establecieron que el estrés es: “El resultado de la relación entre el individuo y el entorno, evaluado por aquel como amenazante, que desborda sus recursos y pone en peligro su bienestar”.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) (1986, citado en: Calzada, 2017) definió al estrés como: “El conjunto de reacciones fisiológicas que preparan al organismo para la acción”.

Los conceptos fundamentales en torno al estrés señalan que éste es una reacción general e independiente del agente estresor, así como un proceso dinámico que se desarrolla en diversas fases (Floría, 2013).

Por lo tanto, actualmente se conceptualiza al estrés como un mecanismo de protección adaptativo que involucra respuestas endocrinas, fisiológicas y cognitivas. Cuando las situaciones sobrepasan las capacidades de afrontamiento de la persona pueden generarse sensaciones de peligro o amenaza que se vinculen a emociones



negativas o dolorosas y que desencadenan malestar psicológico (Bermúdez, 2018; Castrillón *et al.*, 2015).

El estrés engloba una serie de experiencias y emociones amplia; cansancio, tensión, nerviosismo, inquietud, sentimientos de miedo, temor, angustia, etcétera (Calzada, 2017), pudiendo ser causado por circunstancias de distinto origen, como eventos de tipo personal, familiar, social, laboral (Floría, 2013).

A este respecto, resulta importante añadir la diferencia conceptual existente entre estrés y ansiedad. La diferencia estriba no únicamente en las respuestas producidas, sino en la funcionalidad que tiene cada una; mientras que el estrés representa a las situaciones presentes y actuales, la ansiedad corresponde a la anticipación de un riesgo futuro o a la probabilidad de ocurrencia de una situación amenazante próxima (Carrillo *et al.*, 2020).

## **1.2 Eustrés y distrés**

Selye (1956, citado en: Megías y Castro, 2018) hace una distinción entre buen estrés (eustrés) y mal estrés (distrés). Esta diferencia radica en la significación que la persona tiene respecto al evento, percibiéndola como positiva o negativa. Por lo tanto, un mismo agente es capaz de producir eustrés o distrés según la experiencia de la persona y su aprendizaje previo.

El eustrés corresponde a una tensión mental provechosa y activa, la cual beneficia a la persona y favorece la ejecución de una tarea, provocando sentimientos de satisfacción y gratificación. La interpretación que la persona tenga respecto al evento y su significación como un medio de superación y crecimiento personal permite que el estrés sea concebido como algo deseable y positivo (González, 2018).

Toda aquella circunstancia, situación o pensamiento que sea capaz de producir sentimientos de éxito, bienestar y entusiasmo puede considerarse como eustrés. Ejemplos de esto son las reuniones con amigos y familiares, viajes, trabajo creativo, pasatiempos, etcétera. (Laura, 2014).

En cambio, el distrés promueve una disposición al malestar, ansiedad y nerviosismo ya que los recursos personales se ven sobrepasados, existiendo una incapacidad de gestionar los recursos personales de manera adecuada. Cuando la persona realiza actividades que son contradictorias con su forma de pensar, con su ambiente y que son tendientes a provocar disgusto, incomodidad o tedio, se trata de distrés (Espinoza *et al.*, 2018).

El distrés es capaz de volverse provechoso si la experiencia que se tiene sobre el agente estresante logra cambiar la percepción del individuo. Una exposición continua al distrés y la puesta en marcha de estrategias eficaces son capaces de adaptar al organismo modificando la respuesta, convirtiendo así una actividad desagradable en algo deseable y provechoso para el desarrollo personal (Redolar, 2011).

### **1.3 Factores psicosociales**

Chiriboga (1989, citado en: Franco, 2015) clasificó los estresores psicosociales en tres grupos:

- Nivel micro: Estresores propios de la vida cotidiana que pueden causar irritabilidad o perturbaciones mínimas; perder un objeto, tráfico, ruido, aglomeraciones, falta de espacio vital, hablar en público, dolores de cabeza, dificultad para transportarse, deudas, cumplir con un horario de trabajo o escolar.
- Nivel mezzo: Se conocen como sucesos vitales y tienen una ocurrencia menor; cambio de residencia, cambio de trabajo, contraer matrimonio, tener hijos, enfermedad.
- Nivel macro: Se consideran universales, ya que afectan a la población global, y tienen implicaciones graves; catástrofes naturales, guerras, violencia, crimen e inseguridad, recesión económica entre otros. Se encuentran fuera del campo de acción de la persona y pueden llegar a ser de corta duración (sismos, huracanes, erupciones volcánicas) o prolongarse en el tiempo (guerras, sequías, pandemias).

Núñez de Villavicencio (2008) plantea nueve factores psicosociales protectores (salutogénicos) y de riesgo (vulnerables):

1. Rasgos de personalidad: patrones configuracionales y funcionales de personalidad con predisposición a la salud o la enfermedad.
2. Autoestima: adecuada o inadecuada.
3. Familia: de tipo funcional o disfuncional.
4. Creencias de la salud: acertadas o erróneas.
5. Redes de apoyo social: amparada o desamparada.
6. Estilos de vida: saludable y adecuada o no saludable e inadecuada.
7. Calidad de vida: percepción satisfactoria o insatisfactoria.
8. Grado de organización social: riqueza y orden o pobreza y desorden.
9. Estilos de manejo del estrés: de defensa o afrontamiento.

Jordá (2019) señala que uno de los factores psicosociales más importantes relacionados al estrés y a sus consecuencias fisiológicas es la Vulnerabilidad Psicológica (VP), la cual se caracteriza por una limitada capacidad de equilibrio emocional, baja tolerancia a la frustración, sentimientos de indefensión y desánimo. Una elevada VP conlleva a una baja autoestima, dependencia, perfeccionismo, atribuciones negativas y necesidad de aprobación externa.

#### **1.4 Principales teorías del estrés**

Las teorías sobre el estrés son variadas y heterogéneas, sin embargo, pueden categorizarse en tres grupos esenciales:

- Teorías basadas en la respuesta: Enfoque fisiológico. Se centra en las respuestas de tipo orgánico que ocurren durante el estrés. Su principal teórico es Seyle (1963, citado en: Franco, 2015).
- Teorías basadas en el estímulo: Tienen una perspectiva psicológica. El estrés es examinado como un suceso externo, por lo cual se enfocan específicamente en el estímulo estresor. Dichos estímulos son propios del ambiente y pueden ser medidos de manera objetiva. Este tipo de teorías se

encuentran basadas principalmente en los estudios de Weitz (1970, citado en: Grases, 2010).

- Teorías basadas en la interacción: Enfoque cognitivo. Conciben al estrés como una interacción entre los estímulos estresores ambientales y las respuestas fisiológicas. Se encuentran basadas principalmente en los estudios de Lazarus y Folkman (Bedoya-Cardona y Vásquez-Caballero, 2019).

#### **1.4.1 Teorías basadas en la respuesta**

Cannon (1929, citado en: Reynoso-Erazo y Ávila-Costa, 2014), pionero en el estudio de las respuestas fisiológicas frente al estrés, introduce el concepto de homeostasis y respuesta de lucha o de huida.

La homeostasis se define como un proceso biológico en el cual el organismo tiende a mantener constantes sus condiciones internas, de forma que, si se produce un desequilibrio el organismo realizará ajustes necesarios para restablecer su funcionamiento normal. (Redolar, 2011; González, 2018).

La homeostasis supone un trabajo coordinado de todos los órganos del cuerpo, pudiendo ser producido tanto por demandas externas o cambios ambientales, como exceso de calor, frío, ruidos intensos, así como por cambios internos, como dolor, pensamientos desagradables o incluso infecciones u operaciones, mismas que provocan una respuesta de estrés. (Higashida, 2013).

Paralelo al concepto de homeostasis, Sterling y Eyer (1988, citado en: Odeón *et al.*, 2015) añaden el principio de alostasis, el cual implica un ajuste orgánico estable pero fuera de los niveles homeostáticos basales, lo cual puede resultar benéfico a corto y mediano plazo, pero es capaz de generar consecuencias negativas para la salud a largo plazo (Pilnik, 2010; Redolar, 2011).

De igual manera, Selye (citado en: Herrera-Covarrubias *et. al.*, 2017) llevó a cabo su teoría sobre el estrés en función de la capacidad del individuo para adaptarse a las consecuencias de la enfermedad. Su teoría tiene una importancia

notable, ya que permitió tener una definición operativa del estrés fundamentada en dos fenómenos objetivos y medibles: el estresor, entendido como toda aquella exigencia ya sea de tipo emocional, cognitiva o psicológica y la respuesta al estrés, formada por el mecanismo de lo que llamaría Síndrome General de Adaptación (SGA) (Carrillo *et. al.*, 2020).

Durante sus estudios en la Universidad de Praga, Selye observó que los pacientes presentaban una sintomatología general como agotamiento, debilidad e inapetencia, independientemente de la enfermedad que padecían, estableciendo así el SGA. (Grases, 2010).

Las principales limitaciones de este tipo de teorías es que se acotan únicamente a las respuestas orgánicas, prescindiendo de factores ambientales, conductuales y cognitivos del estrés (Calzada, 2017).

#### **1.4.1.1 Síndrome general de adaptación**

El SGA representa la forma de organización de recursos que despliega la persona al encontrarse ante una situación estresante. El organismo muestra un patrón de respuestas estereotipado e invariable, independientemente del tipo de estresor (Fernández, 2009).

Implica una multiplicidad de estímulos sensoriales que, al ser captados por los receptores del sistema nervioso central (SNC), provocan una respuesta en el SNA, generando así alteraciones en el sistema nervioso simpático (SNS) y sistema nervioso parasimpático (SNP). Este proceso es el causante de la respuesta de ataque-huida (Reynoso-Erao y Ávila-Costa, 2014).

Se encuentra conformada por tres fases específicas:

1. Fase de alarma: Reacción del organismo ante la exposición repentina de estímulos estresores. Implica la preparación para la acción, ya sea enfrentamiento o huida. Activación del SNS y aparición de los siguientes síntomas: aumento de la FC y frecuencia respiratoria, aumento de la presión

arterial, dilatación pupilar, aumento en la síntesis de glucosa, secreción de adrenalina y noradrenalina (Espinoza *et al.*, 2018). Calzada (2017) menciona que esta fase se divide a su vez en dos subfases:

- a. De choque: Respuesta inmediata al agente estresor. Marca una hiperactividad de la corteza suprarrenal. Aparición de sintomatología nerviosa: taquicardia, pérdida de tono muscular, decremento de temperatura corporal y presión sanguínea, descargas de adrenalina y corticoides.
  - b. De contra-choque: También llamada reacción de rebote, permite mitigar los efectos del choque. Presenta signos opuestos como hipertermia, hipertensión e hiperglucemia.
2. Fase de resistencia: El organismo se adapta a la situación o agente que ha provocado el estrés, agilizando su sistema de respuestas para lograr una homeostasis. Los signos propios de la alarma desaparecen. Se da una resistencia focalizada al estresor y reducción de resistencia a estímulos no amenazantes. Si se prolonga excesivamente se pasa a la siguiente fase. (Espinoza *et al.*, 2018).
  3. Fase de agotamiento: Dado que los mecanismos de adaptación terminan siendo ineficaces, se presentan nuevamente los síntomas de la fase de alarma, mostrándose una cronicidad en los trastornos tanto fisiológicos como psicológicos. Las reservas hormonales disminuyen y el organismo queda sin defensas. Se da la aparición de estrés crónico y enfermedades y, en último término, la muerte. (Espinoza *et al.*, 2018). Si los eventos estresantes continúan presentándose de forma periódica, la adaptación adquirida tiende a reducirse, llegando a desaparecer (Gufanti, 2011).

La principal aportación de Selye estriba en el hecho de haber conceptualizado al estrés como una respuesta generalizada y no específica, así como señalar que éste sigue un proceso dinámico. No obstante, es importante señalar que hoy día el estrés ya no se considera un síndrome, sino un estado concreto de la persona (Franco, 2015).

### 1.4.2 Teorías basadas en el estímulo

Tal como ocurre con lo establecido por Hooke (citado en: Floría, 2013) al observar cómo el estrés constante y enérgico lleva a la deformación de los objetos, también una respuesta similar ocurre en las personas, ya que al sobrepasar su límite de tolerancia surgen consecuencias nocivas a nivel fisiológico y psicológico.

Las teorías basadas en el estímulo son de enfoque ambientalista. Atribuyen las causas del estrés principalmente a los cambios en el entorno y a las circunstancias y contexto en las que vive el sujeto, mismas que son capaces de alterar el funcionamiento orgánico y psicológico. Las diferencias individuales resultan ser determinantes para comprender el nivel de estrés que puede presentarse (Calzada, 2017). A diferencia de las teorías reseñadas previamente, las teorías basadas en el estímulo tienen la ventaja de considerar al estrés como una variable independiente, ya que, al ser de naturaleza externa, representan el agente causante (Carrillo *et. al.*, 2020).

Este grupo de teorías identifican al estrés como un estímulo que altera el funcionamiento del organismo y que implica una adaptación por parte del individuo. El estímulo puede ser de tipo psicológico, social o físico, sin embargo, se encuentran interrelacionados de forma que un estímulo físico es capaz de alterar las dinámicas sociales de la persona o viceversa (Redolar, 2011).

Weitz (1970, citado en: Grases, 2010) categorizó 8 grupos de condiciones o circunstancias que pueden desencadenar estrés:

1. Procesamiento veloz de la información.
2. Estímulos ambientales nocivos.
3. Percepción de amenaza.
4. Alteración en las funciones fisiológicas.
5. Aislamiento y encierro.
6. Bloqueos y obstáculos para llegar a la meta.
7. Presión grupal.

## 8. Frustración.

Los estresores psicosociales se clasifican según las alteraciones provocadas en las condiciones de vida de la persona, esto es, sucesos vitales y contratiempos cotidianos (Floría, 2013).

### **1.4.2.1 Sucesos vitales**

Los sucesos vitales se definen como aquellos cambios trascendentales en la vida, los cuales implican un reajuste en los hábitos y cogniciones de la persona. Cuanto mayor es el cambio vital, mayor es la probabilidad de aumentar los niveles de estrés. Los acontecimientos vitales pueden ser tanto positivos como negativos. De igual forma pueden referirse a eventos contingentes de tipo natural como catástrofes o sociales como guerras. Los sentimientos de indefensión, impotencia, hostilidad e ira son bastante frecuentes (Floría, 2013).

Holmes y Rahe (1967, citado en: Megías y Castro, 2018), mediante el estudio de historias clínicas, descubrieron que las personas que presentaban un mayor estrés crónico habían presentado anteriormente un gran número de eventos vitales significativos. Entre mayor sea la repetición del evento estresante, la persona mostrará una mayor dificultad y lentitud en su recuperación.

Estas investigaciones supusieron un cambio paradigmático en la concepción biomédica de salud-enfermedad, en el cual el trastorno era provocado específicamente por un agente patógeno, ya que permitieron reconocer la influencia de relaciones complejas de tipo biopsicosocial (Carrilo *et. al.*, 2020).

### **1.4.2.2 Contratiempos cotidianos**

Se refiere a acontecimientos de importancia menor y de mayor frecuencia. El día a día de cada persona puede resultar ser un factor importante para la aparición del estrés. Cierta tipo de grupos son más vulnerables a este factor, como los profesionales de la salud, policías, bomberos o docentes, afectando su productividad y estado de ánimo (Megías y Castro, 2018).



Un aspecto relevante de este tipo de estresores es su nivel de acumulación y el hecho de que, debido a la poca importancia que se les otorga, pueden llegar a ser más perjudiciales, ya que generalmente no se atienden o corrigen de forma inmediata (Floría, 2013).

### **1.4.3 Teorías basadas en la interacción**

Estas teorías proponen que los factores psicológicos de la persona juegan un rol preponderante en la respuesta al estrés. La valoración cognitiva que realiza la persona se encuentra ligada a sus recursos psicológicos y habilidades de afrontamiento para hacer frente al evento estresante. Por esta razón, individuos con determinadas características de personalidad pueden presentar una mayor vulnerabilidad ante el estrés. Los teóricos más importantes dentro de estas teorías son Lazarus y Folkman quienes propusieron el Modelo cognitivo-transaccional (González, 2018).

Existen dos factores básicos que determinan el potencial nivel estresante de una situación: la evaluación del individuo ante el evento y el modo de afrontamiento. La persona realiza dos valoraciones: primaria y secundaria. La valoración primaria implica identificar y estimar las demandas de la situación otorgándole un grado de concreto de importancia. Se clasifica en irrelevante, benigna o estresante. La valoración secundaria se refiere a la percepción del sujeto en relación con su capacidad con hacer frente a la situación en virtud de sus recursos de afrontamiento (Floría, 2013).

Lazarus y Folkman (1986, citado en: Bedoya-Cardona y Vásquez-Caballero, 2019) definen el afrontamiento como: “Esfuerzos cognitivos y conductuales constantemente cambiantes que se desarrollan para manejar las demandas específicas externas y/o internas que son evaluadas como excedentes o desbordantes de los recursos del individuo”.

Por lo tanto, el individuo hace uso de estrategias que pueden llegar ser tanto adaptativas como no adaptativas (Benavente y Quevedo, 2018).

#### 1.4.4 Modelo procesual

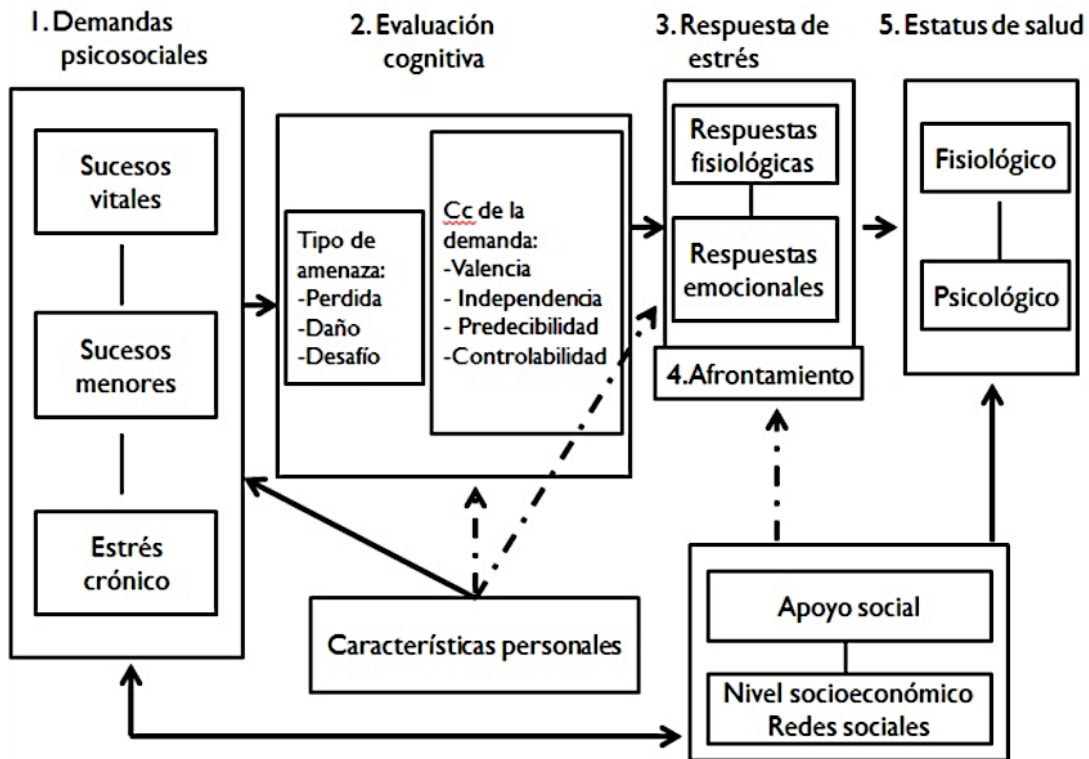
Es un modelo integrativo e interdisciplinario que contempla a los enfoques previos. Fue formulado por Sandín (2008) y toma en cuenta factores biopsicosociales. El autor expresa que elementos de tipo social, como estatus económico y redes de apoyo, resultan fundamentales para comprender de manera global la problemática del estrés y así poder establecer programas de intervención adecuados (Arias *et. al.*, 2019). Este modelo se encuentra compuesto por siete variables:

- Demandas psicosociales: agentes externos o ambientales que provocan el estrés.
- Evaluación cognitiva: valoración de la persona acerca de la situación y de sus propios recursos para hacerle frente. Implica a la valoración primaria, secundaria y reevaluación
- Respuesta de estrés: respuestas de tipo fisiológico y psicológico.
- Afrontamiento: Esfuerzos del individuo que sirven como enfrentamiento.
- Características personales: factores como edad, sexo, personalidad y factores hereditarios que diferencian a los individuos.
- Apoyo social: acciones realizadas por los amigos, familiares, pareja, compañeros de trabajo. Pueden ser decisivos en el proceso de afrontamiento.
- Estado de salud: Se encuentra determinada por las etapas anteriores. Se refiere tanto a salud física como psicológica.

Este modelo supone la existencia de 2 factores mediadores y 2 factores moduladores. Los factores mediadores sirven de puente entre el evento estresor y la respuesta de la persona. Estos son la evaluación cognitiva y el afrontamiento. Los factores moduladores influyen en las distintas fases: apoyo social y nivel socioeconómico (Carrillo *et al.*, 2020). Los componentes y sus interacciones quedan expresados en la figura 1.

**Figura 1**

*Modelo procesual del estrés*



*Fuente: Carrillo et. al. (2020, adaptado de: Sandín, 2008).*

### 1.5 Evaluación cognitiva

Los procesos cognitivos como atención, percepción, memorización, interpretación y evaluación, resultan fundamentales en la posible generación y desarrollo del estrés (Floría, 2013).

Mediante la percepción el sujeto recibe información del exterior la cual se integra con la información previa que posee, por lo cual, tanto la historia personal y la experiencia, así como los rasgos de personalidad, son determinantes en la evaluación cognitiva de eventos estresantes. Este proceso es conocido como valoración cognitiva o *appraisal* (Fernández, 2009).

Lazarus y Folkman (1984, citado en: Floría, 2013) mencionan que las situaciones o eventos no son estresantes per se, sino que el estrés surge en función de la valoración cognitiva que la persona le otorgue, esto es, la forma en la que la

persona entiende el evento en sí. Proponen tres tipos de valoración: primaria, secundaria y reevaluación.

### **1.5.1 Valoración primaria**

Las situaciones se clasifican como irrelevantes, positivas-benignas o estresantes con base a factores individuales, como creencias y valores, así como de factores externos, probabilidad de ocurrencia y posibles consecuencias. Las situaciones de tipo estresantes se clasifican en amenaza, daño o pérdida y desafío (Fernández, 2009).

- **Amenaza:** La persona prevé un resultado negativo, aunque éste aún no se haya presentado, así como las consecuencias de no realizar acciones con el fin de evitarlo. Aparecen emociones negativas y consecuentemente se realiza una segunda valoración con el fin de hallar un modo de enfrentamiento adecuado.
- **Daño o pérdida:** Surge cuando el sujeto ha sufrido una experiencia previa relacionada al evento la cual que desencadena una respuesta inmediata al estrés. Supone un daño real que ha afectado a la persona y que tiene la posibilidad de ser recurrente.
- **Desafío:** La persona considera que cuenta con los recursos de afrontamiento necesarios para sobreponerse a las circunstancias. El estímulo es contemplado como un reto.

La percepción de una situación como desafío o reto en lugar de amenaza resulta ser mucho más positiva ya que la persona cuenta con mayores recursos para hacerles frente. No obstante, ambas percepciones pueden ocurrir de forma simultánea ante una situación (Floría, 2013).

### **1.5.2 Valoración secundaria**

Son acciones tendientes a evitar el daño, las cuales ofrecen la posibilidad de conocer cuáles son las habilidades y los recursos con los que se cuenta, así como realizar un pronóstico sobre la probabilidad de éxito de cada estrategia empleada

para dar solución al problema. Los recursos son tanto a nivel personal como materiales y de apoyo social (Fernández, 2017).

La valoración secundaria permite a la persona realizar un contraste entre las exigencias de la situación y sus propias capacidades. Si existe una discrepancia entre las exigencias y sus habilidades habrá una mayor incertidumbre y malestar. En cambio, cuando la persona se percibe capaz de superar el problema sus niveles de ansiedad se ven reducidos (Fernández, 2017).

La valoración secundaria depende directamente de la valoración primaria y de la autopercepción respecto a las capacidades del individuo. La capacidad real de la persona no resulta ser tan importante, sino su nivel de confianza en sí misma (Floría, 2013).

### **1.5.3 Reevaluación**

La dinámica generada por las evaluaciones primaria y secundaria determinan la reevaluación que tiene la persona. A medida que ésta va adquiriendo nueva información, es capaz de realizar cambios en sus estrategias para poder solucionar de forma más eficaz la problemática (Fernández, 2009).

Cuando las valoraciones primaria y secundaria perciben un nivel de amenaza mínimo o medio, el grado de estrés será entonces relativo a los recursos personales. Sin embargo, cuando la amenaza resulta excesiva, la fuerza de los recursos personales se debilita, e incluso puede volverse completamente nula (Romero, 2009).

### **1.6 Respuestas de estrés**

Es la respuesta generada por un desequilibrio en el medio interno. Como se ha mencionado anteriormente, las respuestas son tanto de tipo fisiológico como psicológico. Dentro de las psicológicas se dan respuestas de tipo conductuales, emocionales y cognitivas, así como repercusiones en el aspecto social (Espinoza *et al.*, 2018, Carrillo *et. al.*, 2020).

La respuesta al estrés ocurre no únicamente en la presencia de una lesión física o psicológica, sino también ante su expectativa y puede modularse tanto por el ambiente social como por las variables individuales (Redolar, 2011).

### Cuadro 1

#### *Tipos de respuestas al estrés*

Tipos de respuesta	Signos y síntomas
<p>Respuestas fisiológicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del diámetro pupilar (midriasis)</li> <li>• Aumento del diámetro bronquial</li> <li>• Aumento del flujo sanguíneo</li> <li>• Cefalea tensional</li> <li>• Contracción del esfínter</li> <li>• Dificultad para respirar</li> <li>• Dificultad para tragar</li> <li>• Disminución de la motilidad intestinal</li> <li>• Dolor estomacal</li> <li>• Estreñimiento</li> <li>• Elevación de la FC</li> <li>• Elevación de la presión arterial</li> <li>• Diarrea</li> <li>• Fatiga</li> <li>• Mareo</li> <li>• Náusea</li> <li>• Opresión en el pecho</li> <li>• Palpitaciones</li> <li>• Piloerección</li> <li>• Relajación de vejiga urinaria</li> <li>• Resequedad</li> <li>• Sofocamiento</li> <li>• Sudoración profusa</li> <li>• Temblores, sacudidas y tensión muscular</li> <li>• Vómito</li> </ul>
<p>Respuestas conductuales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación inadecuada</li> <li>• Alteraciones del sueño</li> <li>• Automedicación y sobremedicación</li> <li>• Consumo de bebidas alcohólicas</li> <li>• Consumo de drogas y enervantes</li> <li>• Dificultad para iniciar o terminar trabajos</li> <li>• Escasa fluidez verbal</li> <li>• Evitación</li> <li>• Expresión facial tensa</li> <li>• Inquietud</li> <li>• Insomnio</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llanto</li> <li>• Problemas sexuales</li> <li>• Puños apretados</li> <li>• Tabaquismo</li> <li>• Tartamudeo</li> <li>• Tics nerviosos</li> </ul>
Respuestas emocionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ansiedad</li> <li>• Depresión</li> <li>• Desasosiego</li> <li>• Dificultad para relajarse</li> <li>• Inquietud</li> <li>• Irritabilidad</li> <li>• Miedo irracional</li> <li>• Nerviosismo</li> <li>• Preocupación excesiva</li> <li>• Pensamiento catastrofista</li> <li>• Tristeza</li> </ul>
Respuestas cognitivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad para la toma de decisiones</li> <li>• Desorganización</li> <li>• Lentitud de pensamiento</li> <li>• Problemas de atención</li> <li>• Problemas de concentración</li> <li>• Problemas de memoria</li> </ul>
Respuestas sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en la calidad de las relaciones interpersonales</li> <li>• Desconfianza en las personas</li> <li>• Evitación o búsqueda constante de personas</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis.

### **1.7 Grupos especialmente vulnerables al estrés**

La vulnerabilidad al estrés puede llegar a modificarse según el momento en que se encuentre la persona, esto hace especial referencia a su etapa de desarrollo humano: infancia, juventud, madurez, senectud. No obstante, existen grupos específicos que presentan una mayor incidencia, como lo son miembros de familias monoparentales, mujeres embarazadas y lactantes, trabajadores de edad mayor, personas con habilidades especiales, trabajadores del sector salud, docentes, personal de recursos humanos, bomberos y policías, ya que este tipo de profesiones se califican como “de alto estrés” (Floría, 2013; León-Regal *et. al.*, 2019).

## 1.8 Estresores del ambiente físico

Comprenden factores externos como el nivel de ruido, iluminación, ambiente térmico, ambientes contaminados, conglomeraciones, perturbaciones atmosféricas, etcétera. Una exigencia sensorial elevada altera la productividad y el estado mental de las personas, provocando dificultad en la concentración, irritabilidad y fatiga, así como problemas en las relaciones sociales (Megías y Castro, 2018).

Los estresores físicos son fáciles de cambiar, como el volumen de decibeles en el ruido y la temperatura. En cambio, los estresores psicológicos son más complejos dado que tienen un carácter psicosocial (Floría, 2013).

## 1.9 Variables personales

Son los rasgos de personalidad y factores somáticos y hereditarios que predisponen a un individuo para la aparición de una patología. Esto no implica que estas variables sean generadoras de estrés por sí solas, sino que pueden potencializar la vulnerabilidad. Los rasgos personales modulan el tipo de respuesta que se tiene ante el estrés y tienen tanto efecto positivo (incremento de riesgo) como negativo (disminución de riesgo) en la etiología de la enfermedad (Carrillo *et. al.*, 2020).

### Cuadro 2

#### *Variables de personalidad y trastornos psicosomáticos asociados*

Dimensiones psicológicas	Efecto	Trastorno
Tipos de reacción interpersonal al estrés:		
a) Tipo 1: Propensión al cáncer	Positivo	a) Cáncer / sistema inmunológico
b) Tipo 2: Propensión a cardiopatía coronaria.	Positivo	b) Cardiopatía coronaria / trastornos cerebrovasculares
c) Tipo 3: Histérico.	Negativo	c) Cáncer / cardiopatía coronaria
d) Tipo 4: Saludable.	Negativo	d) Psicosomáticos



e) Tipo 5: Racional – antiemocional.	Positivo	e) Depresión / cáncer
f) Tipo 6: Antisocial.	Positivo	f) Adicción a drogas
Extraversión (Eysenck, 1988).	Positivo y desconocido	Cáncer
Neuroticismo (Eysenck, 1988).	Negativo y desconocido	Cáncer
Índice de reactividad al estrés (G. de Rivera, 1989).	Positivo	Psicosomáticos
Conducta tipo A (Friedman y Roseman, 1959).	Positivo	Cardiopatía coronaria
Hostilidad (Dembroski y Costa, 1987).	Positivo	Cardiopatía coronaria
Hostilidad cínica (Baretbot <i>et al.</i> , 1983).	Positivo	Cardiopatía coronaria
Antagonismo ( <i>big five</i> ) (Costa <i>et al.</i> , 1989).	Positivo	Cardiopatía coronaria
Alexitimia (Sifneos <i>et al.</i> , 1977).	Positivo	Psicosomáticos
Conducta tipo C (Temoshok, 1985).	Positivo	Cáncer
Estilo represor (Jensen, 1987).	Positivo	Cáncer / sistema inmunológico
Dureza, resistencia ( <i>hardiness</i> ) (Kobasa, 1979).	Negativo	Psicosomáticos
Optimismo (Scheier y Carver, 1987).	Negativo	Psicosomáticos
Sentido del humor (Overholser, 1992).	Negativo	Psicosomáticos
Motivación social: logro / afiliación (Jemmott III, 1987).	Positivo y negativo	Psicosomáticos
Autoestima (DeLongis <i>et al.</i> , 1988).	Negativo	Psicosomáticos
Sentido de coherencia (Antonovsky, 1987).	Negativo	Psicosomáticos
Resiliencia (Garmezy, 1985).	Negativo	Psicosomáticos

Fuente: Carrillo *et. al.* (2020).

Friedman y Rosenman (1976, citado en: Franco, 2015) establecieron tres tipos de personalidades que responden de forma distinta al estrés, Personalidad tipo A, B y C:

- Personalidad tipo A: caracterizado por ser extrovertido e impulsivo, de pensamiento rápido, plática veloz y e intensidad alta, con reacciones que pueden llegar a ser excesivas. Son perfeccionistas, impacientes y muestran una mayor dificultad para relajarse. Presentan mayor predisposición a accidentes cerebrovasculares, hipertensión arterial, angina de pecho, e infarto al miocardio.
- Personalidad tipo B: Son personas mayormente equilibradas, representan el tipo de personalidad ideal ya que son capaces de contener sus emociones y de analizar el problema, reaccionando de forma prudente y optimista. Estas características les hacen tener mayor protección ante el estrés.
- Personalidad tipo C: Personas introvertidas y con rasgos obsesivos. Interiorizan sus reacciones ante situaciones estresantes por lo cual muestran un comportamiento tranquilo y calmado. Tienen una mayor predisposición a depresión nerviosa, infecciones y alergias.

### 1.10 Enfermedades relacionadas al estrés

Se ha identificado una amplia relación entre el estrés y múltiples padecimientos de salud. El cuadro 3 señala las principales patologías que intervienen y las afecciones causadas.

#### Cuadro 3

##### *Padecimientos provocados por el estrés*

Enfermedades producidas por el estrés	
Trastornos cardiovasculares	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hipertensión</li> <li>● Taquicardia</li> <li>● Cefaleas</li> <li>● Enfermedad coronaria</li> <li>● Arritmias cardíacas episódicas</li> </ul>
Trastornos respiratorios	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asma</li> <li>● Hiperventilación</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alteraciones respiratorias</li> <li>● Alergias</li> </ul>
Trastornos gastrointestinales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Úlceras</li> <li>● Síndrome de colon irritable</li> <li>● Colitis ulcerosa</li> </ul>
Trastornos musculares	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lumbalgias</li> <li>● Cefaleas tensionales</li> <li>● Contracturas y temblores</li> <li>● Alteraciones de reflejos musculares</li> </ul>
Trastornos dermatológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Eccemas</li> <li>● Acné</li> <li>● Psoriasis</li> <li>● Prurito</li> </ul>
Trastornos endocrinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hipertiroidismo</li> <li>● Hipotiroidismo</li> <li>● Síndrome de Cushing</li> </ul>
Trastornos inmunológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inhibición del sistema inmunológico</li> </ul>
Trastornos psicológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ansiedad</li> <li>● Depresión</li> </ul>

*Fuente:* Calzada (2017).

### **1.11 Técnicas de afrontamiento del estrés**

Lazarus y Folkman (1986, citado en: Kefauver, 2019) definen al afrontamiento (*coping*) como: “Aquellos esfuerzos cognitivos y conductuales constantemente cambiantes que se desarrollan para manejar las demandas específicas externas y/o internas que son evaluadas como excedentes o desbordantes de los recursos del individuo”.

Otra definición es la formulada por Everly (1989, citado en: Franco, 2015) que entiende el afrontamiento como: “Un esfuerzo para reducir o mitigar los efectos del estrés, esfuerzos que pueden ser psicológicos o conductuales”.

Frydenberg y Lewis (1996, citado en: Gufanti, 2011) definen a su vez el afrontamiento como: “Las estrategias conductuales y cognitivas para lograr una transición y una adaptación efectivas”.

Acorde a Lazarus y Folkman (1984, citado en: Kefauver, 2019) las estrategias de afrontamiento se clasifican en dos clases:

- Estrategias centradas en la resolución de los problemas: están dirigidas a modificar el evento o la causa que produce el problema. Involucran una acción directa, jerarquización de las problemáticas y formulación de objetivos y metas.
- Estrategias centradas en la regulación emocional: enfocadas en la persona y su aspecto emocional. Frecuentemente ocurre de manera simultánea a la estrategia anterior, aunque siempre existe mayor preponderancia en alguna.

Igualmente, la escala de Modos de Afrontamiento (*Ways of coping, WOC*) de Folkman y Lazarus (1980, citado en: Cuenca, 2019) describe ocho estrategias:

- Confrontación: Implican acciones concretas y categóricas dirigidas a la solución del problema. Se da una agresividad de tipo asertiva.
- Planificación: Forma parte de la evaluación secundaria y supone una reflexión y análisis previo que permita elegir estrategias adecuadas en función de la problemática.
- Distanciamiento: El problema es evadido y con ello se presupone que no exista afectación en la persona.
- Autocontrol: La persona procura manejar sus sentimientos y respuestas emocionales.
- Aceptación de la responsabilidad: Significa percatarse del rol personal y como éste influencia tanto el origen como el rumbo del problema. La persona puede llegar a auto-inculparse por lo que sucede.
- Escape o evitación: Intento de eludir el problema, es opuesto a la confrontación. Puede darse tanto a nivel conductual mediante el uso de sustancias tóxicas, fármacos, consumo excesivo de alimentos entre otros, como a nivel cognitivo mediante ideas rumiativas.
- Reevaluación positiva: Enfocarse en los efectos positivos y en el aprendizaje adquirido a raíz de la situación problemática.

- Búsqueda de apoyo social: recurrir a personas que faciliten el soporte emocional necesario. La persona investiga fuentes de auxilio, consejo y apoyo, tanto de familiares y amigos como de profesionales.

El afrontamiento implica un proceso que puede no siempre resultar efectivo. En caso de serlo, la persona habrá de repetir el proceso, si no es así tendrá que buscar nuevas estrategias. Así mismo, cada individuo muestra una tendencia natural para la elección de estrategias (Floría, 2013).

### **1.12 Estilos de afrontamiento**

Resulta importante precisar la diferencia entre *afrontamiento* y *estrategias*. El *estilo de afrontamiento* es la forma normal y acostumbrada de enfrentarse a una situación de estrés, mientras que las *estrategias de afrontamiento* son métodos concretos que varían en función de la situación (Floría, 2013).

Cada estilo de afrontamiento está relacionado con la naturaleza del problema, la resolución de problemas o la regulación emocional. El estilo de afrontamiento que utilice una persona determinará su capacidad de adaptación, así como su nivel de vulnerabilidad para contraer enfermedades relativas al estrés. Acorde a Redolar (2011), un afrontamiento óptimo supone la práctica de distintas estrategias.

Tipos de afrontamiento frecuentes:

- Personas evitativas: Personas que eluden y minimizan los problemas. Resulta más ventajoso ante circunstancias amenazantes a corto plazo, pero no para situaciones vitales complicadas.
- Personas confrontativas: Aquellos que toman una actitud activa ante la problemática. Es más efectivo ante eventos amenazantes que perduran un largo periodo de tiempo. Su utilidad reside en que permite elaborar planes y medidas de prevención ante eventuales riesgos, sin embargo, también puede originar una mayor ansiedad.

- Expresión de sentimientos y emociones: Son quienes exteriorizan su estado anímico con personas de confianza. Exponer las emociones conlleva una disminución de tensión.
- Estrategias múltiples: Ocurren cuando se ven involucrados distintos problemas.

Se ha observado que las estrategias activas suponen una forma más efectiva de lidiar con el estrés, aportando mejoras en la salud y una mayor adaptación, mientras que las estrategias pasivas se asocian mayormente con malestar psicológico (Jordá, 2019).

La efectividad de cada estrategia varía en función del individuo. Aunque dos personas utilicen la misma estrategia puede que el resultado sea infructuoso para alguna de ellas debido a una mala ejecución e inclusive puede incrementar su nivel de estrés (Laura, 2014).

Aquellas personas que logran resultados positivos se consideran como auto-eficaces, dado que son capaces de analizar las circunstancias, estructurar y seguir una planificación, así como realizar una búsqueda de información. Esto supone un tiempo de estrés mucho más breve debido a que logran solucionar su problema con mayor prontitud (Carrillo *et. al.*, 2020).

En cambio, las personas de tipo autorreferentes se caracterizan por realizar comparaciones constantes de su persona, tener una mayor autocrítica y tendencia a enfocarse únicamente en el problema y en sus emociones, no en la resolución (Megías y Castro, 2018).

### **1.12.1 Sentido de coherencia**

El Sentido de coherencia fue formulado por Antonovsky (1987, citado en: Floría, 2013) y forma parte central de su teoría sobre el modelo salutogénico. Se orienta no en las causas de la enfermedad, sino en las causas y origen de la salud. Por lo tanto, no hay un análisis de los estresores, sino de los factores positivos que favorecen la salud.

Antonovsky lo define como:

Una orientación global que expresa hasta qué punto se tiene la sensación de seguridad dominante y duradera, aunque dinámica, de que: 1) los estímulos provenientes de nuestro entorno interno y externo en el curso de la vida están estructurados, son predecibles y manejables (comprensibilidad); 2) los recursos están disponibles para afrontar las demandas que exigen estos estímulos (manejabilidad); y 3) estas demandas son desafíos que merecen la energía y compromiso invertidos (significatividad) (Antonovsky, 1987, p.19, citado en: Floría, 2013).

El sentido de coherencia se encuentra fundamentado en tres elementos básicos (Carrillo *et. al.*, 2020):

- **Comprensibilidad:** Es cuando la persona entiende de manera global el entorno y las condiciones en las que se encuentra. El sujeto es capaz de tener un pensamiento lógico, estructurado y consistente. Formula predicciones sobre lo que puede ocurrir. Es un componente de tipo perceptivo-cognitivo.
- **Manejabilidad:** Hace referencia a la percepción del individuo respecto a qué tan efectivos y viables son los recursos con los que cuenta, entendiendo a estos como redes de apoyo, formación y experiencia, valores éticos o religiosos. La persona muestra una actitud segura y toma parte activa en el problema. Es un componente de tipo conductual.
- **Significatividad:** Es la representación y el sentido que la persona le otorga a todo aquello que le está ocurriendo, así como los motivos que tiene para poder solucionarlos. Las demandas son consideradas como retos que requieren de esfuerzo y trabajo, en lugar de ser percibidas como cargas insoportables. Se muestra un compromiso y se establecen metas. Es un componente de tipo motivacional.

Estos tres factores se encuentran interrelacionados ya que su coordinación permite un afrontamiento exitoso. No obstante, la significatividad representa una

mayor jerarquía ya que, aunque las otras dos dimensiones tengan niveles bajos, ésta los tiende a fortalecer (Guzmán, 2019).

### **1.12.2 Resiliencia**

La resiliencia como constructo psicológico se comenzó a estudiar desde fines del siglo XX, especialmente en poblaciones que cuentan con algún tipo de patología crónica (Benavente y Quevedo, 2018).

A pesar de las múltiples definiciones que se han realizado existe el consenso generalizado que afirma que la resiliencia es un proceso dinámico (Benavente y Quevedo, 2018). Se refiere a la habilidad de trascender experiencias de vida significativas, como la muerte de un ser querido, enfermedades, catástrofes, condiciones de pobreza entre otros, y a los recursos suficientes para fortalecerse de dichas experiencias, lo cual afectará de manera positiva la salud mental de la persona (Calzada 2017).

Las respuestas de resiliencia son mucho más comunes de lo que se cree ya que son ajustes necesarios que permiten salvaguardar y proteger nuestra salud (Floría, 2013). La resiliencia permite la adaptación eficaz del individuo ante eventos contingentes, permitiendo una homeostasis de las funciones biológicas principales, así como la posibilidad de que la persona recupere su funcionamiento social previo (Calzada, 2017).

A pesar de que existen personas con mayores habilidades de resiliencia, en general son técnicas que cualquier persona es capaz de adquirir mediante una instrucción adecuada. Benavente y Quevedo (2018) indican que los hábitos recomendables para aumentar una respuesta resiliente son:

- Fomentar las relaciones personales.
- Pensar de forma realista.
- Aceptar la realidad.
- Proponerse metas.
- Actuar siempre.



- Confiar en uno mismo.
- Ser optimista.
- Mantener el cuidado personal.

La resiliencia comprende dos componentes básicos: *factores protectores* o amortiguadores del estrés, y *factores de riesgo*. Los primeros son aquellos que permiten mejorar la respuesta de la persona ante una amenaza que implicaría una respuesta desadaptativa. En cambio, los factores de riesgo suponen una mayor probabilidad de ocurrencia en la aparición de conductas perjudiciales (Benavente y Quevedo, 2018).

### 1.13 Técnicas para la prevención del estrés

Una prevención correcta requiere que la persona adopte cambios en su estructura cognitiva y en sus hábitos para que logre la adquisición de habilidades que le permitan desarrollar y fortalecer aspectos tanto psicológicos como físicos (Laura, 2014).

El objetivo principal de estas técnicas versa en instruir al individuo en una modificación voluntaria sobre sus condiciones fisiológicas y cognitivas mediante ejercicios constantes, lo cual permite modelar su conducta sin necesidad de utilizar recursos externos, como tratamientos médicos (Rodríguez, 2008).

Una síntesis de los procedimientos mayormente aplicados a la prevención del estrés se expone en el siguiente cuadro.

#### Cuadro 4

*Técnicas para la prevención del estrés*

Técnicas generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alimentación</li> <li>● Descanso</li> <li>● Forma física</li> <li>● Relaciones sociales</li> </ul>
--------------------	---

Técnicas cognitivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desensibilización sistemática</li> <li>• Detención del pensamiento</li> <li>• Inoculación del estrés</li> <li>• Psicoeducación</li> <li>• Reestructuración cognitiva</li> </ul>
Técnicas fisiológicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biorretroalimentación</li> <li>• Entrenamiento autógeno de Schultz</li> <li>• Relajación progresiva de Jacobson</li> <li>• Técnicas de control de respiración</li> <li>• Técnicas de relajación física</li> <li>• Técnicas de relajación mental (meditación)</li> </ul>
Técnicas conductuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrenamiento asertivo</li> <li>• Entrenamiento en habilidades sociales</li> <li>• Modelado de la conducta</li> <li>• Modelado encubierto</li> <li>• Técnicas de autocontrol</li> <li>• Técnicas de solución de problemas</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis.

Es importante que la persona adapte a su rutina diaria prácticas de cuidado personal, como una alimentación equilibrada que proporcione los nutrientes necesarios para sus labores, sueño de siete horas mínimo y canalización del estrés mediante ejercicio físico, así como actividades recreativas y de esparcimiento (Megías y Castro, 2018).

Resulta conveniente señalar que el estrés cognitivo, al tener una respuesta de tipo fisiológica, es mejor modulado mediante el ejercicio físico que mediante la psicoterapia cognitiva, ya que ésta únicamente permite una reducción temporal de los niveles de estrés en comparación a la actividad física regular, además de que provee defensa inmune a la persona y en consecuencia una mayor protección y

salud física, por lo cual es importante hacer un uso combinado de ambas estrategias (León-Regal et. al., 2019).

Debido a que el estrés es un fenómeno que repercute en aspectos tanto sociales, cognitivos como fisiológicos, no existe un consenso sobre la forma más conveniente de evaluarlo, ya que puede ser medido a través de pruebas psicométricas e instrumentos, entrevistas o biomarcadores (Hye-Geum *et al.*, 2017). Actualmente se cuenta con evidencia suficiente sobre la efectividad de diversos biomarcadores, particularmente la VFC, para obtener un índice claro y objetivo acerca del nivel de estrés.

## Capítulo 2. Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)

### 2.1 Historia de la VFC

La *variabilidad de la frecuencia cardíaca* (VFC) ha sido estudiada desde tiempos remotos, sin embargo, a principios del siglo XX comienza a tener un abordaje más científico. En el Cuadro 5 se presenta un resumen acerca de los principales descubrimientos históricos relacionados.

#### Cuadro 5

##### *Evolución histórica del estudio de la VFC*

Periodo	Autor	Hallazgos
Antigüedad	(Pino, 2018).	Desde hace más de 2000 años ya se tenía un conocimiento rudimentario sobre la detección de pulsaciones en la arteria periférica y la pared torácica. Herófilo de Calcedonia (335-280 a. C.) descubrió y diferenció las funciones de las venas y arterias, así como la ritmicidad de las pulsaciones. Galeno de Pérgamo (129-216 d. C.) retoma estos estudios y los de Arquígenes (75-129 d. C) estableciendo 8 cualidades del pulso. Galeno redactó cerca de 18 libros y 8 tratados referentes a este tema.
	(Ernst, 2014).	Las pulsaciones también fueron estudiadas en regiones de oriente, como China e India, entre los años 800 y 200 a. C. Bian Que (401-310 a. C.) fue uno de los primeros médicos chinos en realizar diagnósticos mediante el pulso.
Siglos XVII, XVIII y XIX	(García, 2013).	Newton (1672) realizó por vez primera la descomposición de una señal lumínica en sus componentes de frecuencia. Descubrió que la luz blanca puede descomponerse en un espectro de bandas con colores diferentes según la longitud de onda o frecuencia. Actualmente el análisis de señales de la VFC se realiza bajo este mismo principio.
		Stephen Hales (1677-1761) realizó en 1733 las primeras observaciones en la variación del pulso y la presión arterial. De igual forma identificó la relación de ésta con el ciclo respiratorio.

---

(Estañol, <i>et al.</i> , 2011; Ernst, 2014).	Joseph Fourier (1768-1830) representó señales periódicas de tiempo continuo en la forma de sumatoria de sinusoides de frecuencias armónicamente relacionadas. Su trabajo y las operaciones matemáticas que realizó han resultado ser muy provechosos para diversas áreas de la ingeniería y electrónica, así como a las ciencias de la salud.	
	En 1847 Ludwig Traube (1816-1895) expone los intervalos existentes entre los latidos cardíacos y las variaciones relacionadas con la respiración espontánea. Este descubrimiento sirvió de base a lo que hoy se conoce como arritmia sinusal respiratoria, uno de los temas centrales de la VFC.	
	En 1868 Donders (1818-1889) describe la relación de la activación del nervio vago con la arritmia sinusal respiratoria.	
	Wilhelm Wundt (1832-1920) realizó investigaciones sobre la medición de la amplitud y frecuencia de las ondas en el pulso de caninos.	
Claude Bernard (1813-1878) propone el término “ambiente interior” definiéndolo como: “La constancia del ambiente interno es la condición para una vida libre e independiente”. Este término dio origen a lo que se conoce actualmente como homeostasis, vocablo acuñado por el fisiólogo norteamericano Cannon (1871-1945) quien amplió los estudios de Claude Bernard.		
Cannon (1915) propuso el modelo clásico de control autonómico, el cual se establece como un continuum constituido tanto por la activación parasimpática como por la activación simpática.		
Siglo XX	(Cerda-Kohler y Henríquez-Olguín, 2014; Escudero, 2016).	Bainbridge (1920) intentó explicar la VFC según las alteraciones en el barorreceptor y las alteraciones respiratorias.
		Hon y Lee (1965) estudian por vez primera el electrocardiograma (ECG) y la VFC en recién nacidos. Advierten que una reducida variación latido-a-latido se relaciona al estrés y que es el primer síntoma detectable de estrés.

---

---

Wolf (1967) estudió la relación entre la VFC y el estado del Sistema Nervioso.

En la década de 1980 Axelrod y colaboradores (Axelrod *et. al.*, 1987) realizaron análisis de la VFC basándose en el dominio de frecuencia utilizando periodos de corto término, de 10 minutos o menos. Comienza a manifestarse un interés creciente en analizar la VFC mediante algoritmos no lineales como es el caso de los estudios de Goldberger (Goldberger *et. al.*, 1984; Golberger *et al.*, 1986; Goldberger y West, 1987).

Uno de los mayores logros en la historia de la VFC fueron los estudios de Kleiger (Kleiger *et. al.*, 1987) y Bigger (Bigger *et. al.*, 1993) ya que gracias a ellos se creó la llamada Fuerza de Tarea de la Sociedad Europea de Cardiología y de la Sociedad Norteamericana de Estimulación y Electrofisiología (1996) mediante la cual se establecieron los requerimientos técnicos mínimos, definiciones, el rango en las bandas de poder en el dominio de la frecuencia y recomendaciones para realizar investigación clínica. En ese mismo año aparecen los primeros aparatos de registro de tipo portátil y con la misma calidad que los equipos de laboratorio.

---

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis, adaptado de: Estañol *et al.*, (2011); García (2013); Ernst (2014); Cerda-Kohler y Henríquez-Olguín (2014); Escudero (2016); Pino (2018).

## **2.2 Teoría de la complejidad**

### **2.2.1 Teoría de la complejidad y VFC**

La complejidad es parte inherente de la naturaleza, el propio ser humano constituye un complejo sistema de redes que interactúan, tanto con el ambiente circundante como a nivel interno, involucrando distintos niveles de organización; células, tejidos, órganos y sistemas los cuales dan lugar a fenómenos psicológicos y conductas que determinan aspectos sociales a nivel micro y macro (Zavala, 2019).

Las contribuciones más significativas a la teoría de la complejidad y sus autores se muestran a continuación:

### Cuadro 6

#### *Principales aportaciones a la teoría de la complejidad*

Autor	Teoría o aporte
Werner Heisenberg (1927).	Principio de incertidumbre
John von Neuman y Oskar Morgenstern (1944).	Teoría de juegos
Claude Shannon y Warren Weaver (1948).	Teoría matemática de la información
René Thom (1950).	Teoría de las catástrofes
Edward Lorenz (1961).	Teoría del caos y efecto mariposa
Lofti Zadeh (1965).	Teoría de los conjuntos borrosos
Ludwing von Bertalanffy (1968).	Teoría General Sistemas
Humberto Maturana y Francisco Varela (1973).	Concepto de autopoiesis
Benoit Mandelbrot (1975).	Teoría de los fractales
Edgar Morin (1982).	Estudios sobre pensamiento complejo
Norbert Wiener (1985).	Concepto de cibernética
Heinz von Foerster (1985).	Sistemas organizadores

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis, adaptado de: Benedicto (2016); Álvarez (2018); Zavala (2019).

El paradigma de la complejidad marcó un avance trascendental sobre la concepción antigua de la mecánica euclidiana y cartesiana, teorías bajo las cuales se consideraba que la realidad opera de manera predecible e invariable (Betancourt y Ramis, 2010).

El avance en la teoría de la complejidad fue posible gracias al desarrollo de las computadoras, las cuales dieron la posibilidad de realizar múltiples cálculos en milésimas de segundo. Igualmente, la revolución científico-técnica, el desarrollo de

las matemáticas, y la teoría cibernética dieron paso a un cambio de paradigma epistemológico dentro de la investigación (Benedicto, 2016). Aplicado a las ciencias de la salud, este adelanto permitió grandes descubrimientos sobre el funcionamiento del sistema nervioso y en especial de los ritmos cardíacos (Martínez-Lavín, 2012).

De forma general un sistema se entiende como un grupo de elementos que interactúan entre sí y entre sus atributos en un espacio-tiempo determinado, cuyo comportamiento es más o menos estable y tiende a un objetivo (Álvarez, 2018; Román, 2018).

Los sistemas complejos se bifurcan en sistemas simples y sistemas estocásticos. Estos últimos pueden ser predecibles o no predecibles. Tanto los sistemas altamente predecibles como los impredecibles corresponden a sistemas simples. Los sistemas complejos son sensibles a perturbaciones pequeñas, esto es, pequeñas variaciones en las condiciones iniciales tienden a generar grandes cambios en el transcurso del tiempo (Holt 2004, citado en: Ernst, 2014).

Los sistemas complejos que resultan de mayor interés actualmente son los relativos a la biología y al estudio de las personas; agrupaciones, sociedad y cultura. Acorde a Ernst (2014), Benedicto (2016) y Betancurt y Ramis (2010) las características de los sistemas complejos son:

- Se encuentran compuestos de múltiples elementos los cuales interactúan de manera no lineal y tienen funciones especializadas.
- Sus componentes son interdependientes.
- Poseen una estructura que abarca diversos niveles o ramificaciones, por lo cual existe jerarquía.
- Pueden tener un comportamiento emergente, lo cual representa poca capacidad de predictibilidad.
- Involucran tanto cambios internos (fluctuaciones) como externos (perturbaciones).
- Están determinadas por atractores.



- Incluyen procesos de retroalimentación.
- Existe una interacción entre caos y no-caos.
- El sistema se caracteriza por ser único e irrepetible.
- Tienen la capacidad de auto-organizarse.

Los sistemas complejos pueden llegar a tal grado de organización y especialización que devengan en caos ya que cuentan con número infinito de posibilidades y de estados, lo cual dificulta su capacidad de predicción (Zavala, 2019).

### **2.2.2 Teoría del caos y VFC**

Históricamente la teoría del caos se desarrolla como una rama de la complejidad y sirve para describir el comportamiento de un sistema con muy pocas variables. Un sistema caótico depende directamente de sus condiciones iniciales, pero el estado final del sistema después de un número infinito de pasos puede variar considerablemente (Ernst, 2014).

Una de las principales aplicaciones de la teoría del caos se da en la geometría. La geometría clásica o cartesiana propone una visión del mundo basada en objetos con propiedades simétricas, los cuales difícilmente existen en la naturaleza. La teoría del caos por otra parte, ha permitido realizar mediciones mucho más exactas basadas en los fractales, esto es, objetos geométricos de tipo irregular. La teoría de los fractales propone que un objeto puede tener iteraciones o subdivisiones de manera indefinida, cada una de las cuales es capaz de tener las mismas propiedades del conjunto original. Ejemplo de esto son las bifurcaciones existentes en el sistema nervioso, pulmonar, sanguíneo, tejidos, neuronas, etcétera. Tanto los fenómenos psicológicos como sociales cuentan con estas características (Ramis y Sotolongo, 2009; Ruíz, 2009).

En el caso específico la fisiología humana, el sistema circulatorio, el sistema cardíaco y la VFC tienen un comportamiento de tipo fractal. Su actividad es cambiante, por lo cual entre mayor variabilidad o “desorden” mejor nivel de salud.

Una baja fractalidad del funcionamiento cardíaco representa que el SNA va perdiendo su nivel de complejidad (Martínez-Lavín, 2012; Zavala, 2019).

Con métodos y algoritmos de la teoría del caos es posible distinguir entre estocasticidad (cambios reales independientes que ocurren sin ninguna regla) y caos (cambios dependientes de las condiciones previas). Por lo tanto, el caos tiene un grado de determinismo, mientras que la estocasticidad tiene un comportamiento impredecible (Ernst, 2014).

A grandes rasgos la estocasticidad se define como ruido. El ruido se clasifica en tres tipos; blanco, marrón y rosa. El ruido blanco es una señal aleatoria con una densidad de poder espectral plana, lo cual implica que a lo largo de toda la banda de frecuencia existe una densidad espectral igual. Contiene a todas las frecuencias, por lo cual es posible establecer una analogía entre el ruido blanco con la luz. Por otra parte, el ruido marrón, también llamado ruido rojo, es un tipo de ruido producido por movimiento Browniano, en honor a Robert Brown (1773-1857), su descubridor. Su densidad espectral es más potente en las frecuencias bajas. El ruido rosa se encuentra en un punto medio entre el blanco y el rosa y es generalmente el que mayor uso tiene dentro de las ciencias de la salud ya que es bastante frecuente en procesos naturales y biológicos, como es el caso de la VFC (Barbosa, 2011; Tejera, 2013).

Por otra parte, el término entropía hace referencia a una cantidad que sirve para detallar el nivel de desorden existente en un sistema, o bien, a los grados de libertad de un sistema. Los sistemas caóticos son considerados como fuente de información, por lo cual, toda medición realizada en un momento posterior provee información acerca del estado inicial. Dentro de la VFC es utilizada la entropía aproximada y a fechas recientes la muestra de entropía (Ernst, 2014; Luengo y Martínez, 2018).

Conforme a la teoría del caos existen tres puntos de equilibrio de un sistema: atractores (*attractors*), repelentes (*repellers*) y puntos de montaje (*saddle points*). A manera de síntesis, el punto más relevante son los atractores, ya que sirven como

estabilizador de un sistema. Los sistemas caóticos tienen la peculiaridad de presentar un comportamiento variable y prácticamente impredecible, por lo cual siempre existe un nivel de incertidumbre. No obstante, todos los cambios que presente un sistema están determinados por un atractor. Como se ha mencionado anteriormente, diversos sistemas del organismo humano muestran un funcionamiento semejante, ya que muestra oscilaciones en su comportamiento. Enfermedades como estrés crónico, alcoholismo, tabaquismo son considerados atractores negativos dado que son hábitos arraigados en la persona y que muestran un comportamiento irregular al momento de intentar ser modificados (Betancourt y Ramis, 2010).

### **2.2.3 Sistemas lineales**

Los sistemas lineales se distinguen por tener componentes o variables que interactúan de forma simple y directa. Las condiciones iniciales no son tendientes a mostrar cambios profundos a lo largo del tiempo, por lo cual es sencillo realizar predicciones sobre su trayectoria y resultado. Así mismo, existe una proporcionalidad entre la causa-efecto (Benedicto, 2016).

Un ejemplo de sistema lineal puede ser un vaso y el flujo de agua que recibe; si la cantidad de agua por minuto que recibe es siempre la misma entonces resulta sencillo conocer la cantidad de agua exacta en un momento determinado mediante una ecuación lineal. Si el sistema es descrito utilizando valores tomados en intervalos diferentes entonces se generan series de tiempo (Ernst, 2014).

En el caso específico de la VFC, los sistemas lineales se encargan de transformar series de tiempo en datos de dominio de frecuencia. Todas las técnicas del análisis del espectro de poder, como las transformadas rápidas de Fourier o el modelado autorregresivo, transforman series de tiempo en componentes de frecuencia. Este proceso se realiza mediante la descomposición de la señal original en una serie de ondas sinusoidales análogas que son enviadas a un prisma el cual separa la luz en sus colores correspondientes (Ernst, 2014).

Cabe agregar que los sistemas lineales tienden a subestimar la relación causa-efecto, considerando que las condiciones de un fenómeno permanecen inmutables a lo largo del tiempo (Zavala, 2019). Por tanto, los sistemas lineales tienden a ser reduccionistas y deterministas. No es aconsejable hacer uso de ellos para intentar analizar y comprender las complejas relaciones que regulan el funcionamiento fisiológico y de la naturaleza en general (Martínez-Lavín, 2012).

Ahora bien, los métodos lineales cuentan con la ventaja de tener mayor seguridad y validez en los resultados, ya que permiten a los investigadores realizar aproximaciones matemáticas de forma mucho más práctica y sencilla, los análisis no lineales muchas veces son más difíciles, sino es que imposibles de realizar (Betancourt y Ramis, 2010).

#### **2.2.4 Sistemas no-lineales**

Los sistemas no-lineales son dinámicos y abiertos, caracterizados por ser inestables y caóticos debido a las continuas fluctuaciones de su actividad interna. No obstante, existen patrones de orden que permiten comprenderlos. Ejemplos de sistemas no lineales son el estudio de poblaciones, la epidemiología, estudios de economía, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y crisis psicológicas entre otros (Luengo y Martínez, 2018).

Mientras que un sistema lineal puede ser descompuesto en sus componentes, en un sistema no-lineal los componentes pueden interferir, cooperar o competir entre sí. Un cambio pequeño puede alterarlo significativamente debido a que la condición inicial de todas las variables, junto con los estímulos de entrada, influyen sobre la respuesta de salida (Ernst, 2014).

Un ejemplo básico del sistema no-lineal es una persona con alguna dolencia física. Se desconoce qué es lo que pueda producir esta patología, ya que intervienen distintos sistemas; ambiente, familia, amistades, estado de salud psicológico, condiciones genéticas, las cuales pueden influir en la etiología de la

enfermedad, por lo cual siempre existe un nivel de complejidad e incertidumbre a la hora de realizar un tratamiento (Betancourt y Ramis, 2010).

El análisis de sistema no-lineales es más complejo, ya que representan la realidad de una manera más exacta y toman en cuenta las relaciones existentes entre las variables que los constituyen. Por ejemplo, resultaría más sencillo explicar la FC si ésta fuera un sistema lineal donde no intervinieran otras variables como edad, peso o sexo. La mayoría de los sistemas se componen de partes que interactúan entre sí de distintas formas y esto hace necesario describirlos de una manera matemática en un sentido no-lineal (Ernst, 2014).

El estudio de la no-linealidad es uno de los componentes centrales que permite comprender la complejidad y resulta muy útil dentro de las ciencias de la salud, ya que la mayoría de los sistemas psicofisiológicos muestran este tipo de comportamiento (Benedicto, 2016).

Las herramientas estadísticas no-lineales se han introducido a fechas recientes, en específico los gráficos de Poincaré (*Poincaré plots*) los cuales se han utilizado para distinguir entre sistemas estocásticos y sistemas determinísticos. Otro método no lineal es el análisis de Fourier, específicamente la transformada rápida de Fourier (FFT) mediante la cual el dominio del tiempo se transforma en dominio de frecuencia y examina las series por periodicidad. El ciclo cardíaco como tal, puede representarse como un sistema determinístico, en el cual la distancia del complejo R-R depende parcialmente de las distancias R-R de los últimos latidos cardíacos. No obstante, también puede ser analizado como un sistema estocástico o de tipo no lineal (Ernst, 2014).

## **2.3 Sistema nervioso autónomo**

### **2.3.1 Introducción**

De forma general, el sistema nervioso se divide en tres principales subsistemas:

- a) Sistema nervioso central (SNC): encéfalo y la médula espinal.
- b) Sistema nervioso periférico (SNP): nervios espinales y nervios craneales con sus respectivas vías aferentes o sensoriales y eferentes o motoras.
- c) Sistema nervioso autónomo (SNA): involucra mecanismos del SNP y se subdivide en:
  - a. Sistema nervioso simpático (SNS).
  - b. Sistema nervioso parasimpático (SNP).
  - c. Sistema nervioso entérico (SNE).

El sistema nervioso periférico tiene como función principal la transmisión de la información obtenida por los órganos periféricos, como temperatura, presión, sabor, tacto y posición corporal entre otros. Esta información es procesada en el SNC y de ahí es transmitida hacia los músculos y vísceras (Frausto, 2011).

Este proceso ocurre mediante los 12 pares craneales, nervios ubicados en el encéfalo encargados de transmitir información hacia los músculos. Los pares craneales se clasifican en: 1) sensitivos, 2) motores y 3) sensomotores (Guyton y Hall, 2012).

El décimo par craneal o nervio vago revista una gran importancia, ya que además de ser el más grande de todos inerva las cavidades torácica y abdominal, así como distintos órganos, entre ellos el corazón (Carlson, 2014) y al propio SNP, produciendo así estados de relajación (Rodas *et al.*, 2008a; Moreno *et al.*, 2013).

El SNA, también llamado sistema neurovegetativo o visceral, se encuentra dividido en tres partes fundamentales: SNS, SNP y SNE. El neurotransmisor principal del SNS es la norepinefrina y en el SNP es la acetilcolina. Se denomina autónomo debido a que su funcionamiento es, hasta cierto punto, independiente de nuestra voluntad (Higashida, 2013; Moreno *et al.*, 2013).

El SNA se encarga del control del corazón, los músculos lisos, el sistema digestivo, las glándulas endocrinas y exocrinas, vasos sanguíneos, ojos, vejiga, esfínteres intestinales y vesícula biliar, por lo cual, su funcionamiento es esencial

para funciones corporales de circulación, digestión, respiración. Igualmente tiene gran correlación con aspectos emocionales y psicológicos (Morris y Maisto, 2011; Carlson, 2014).

El SNA consiste en una parte aferente y eferente. La parte aferente o sensorial se encarga del transporte de impulsos nerviosos, sangre y secreciones desde el sistema periférico hasta el SNC, mientras que la parte eferente o motora envía los impulsos nerviosos desde el SNC hasta los órganos diana. Ambas partes cuentan con neuronas especializadas encargadas de realizar dicho proceso (Frausto, 2011).

El control central del sistema nervioso vegetativo se encuentra en el hipotálamo, pero intervienen otras estructuras y regiones cerebrales como la amígdala, la corteza prefrontal y áreas de asociación como la corteza límbica (Ernst, 2014).

La función principal del SNA es mantener el balance en el cuerpo bajo condiciones de variación. El SNA es un sistema visceral sensorio-motor basado en los reflejos los cuales, en su mayoría, no se encuentran bajo control voluntario (Guyton y Hall, 2012).

Cabe resaltar que diversos estudios han demostrado que tanto seres humanos como animales tienen la capacidad de modular el SNA. Todo individuo, mediante un entrenamiento adecuado, tiene la posibilidad de controlar la presión sanguínea elevada, las migrañas, la FC y las ondas cerebrales. (Morris y Maisto, 2011).

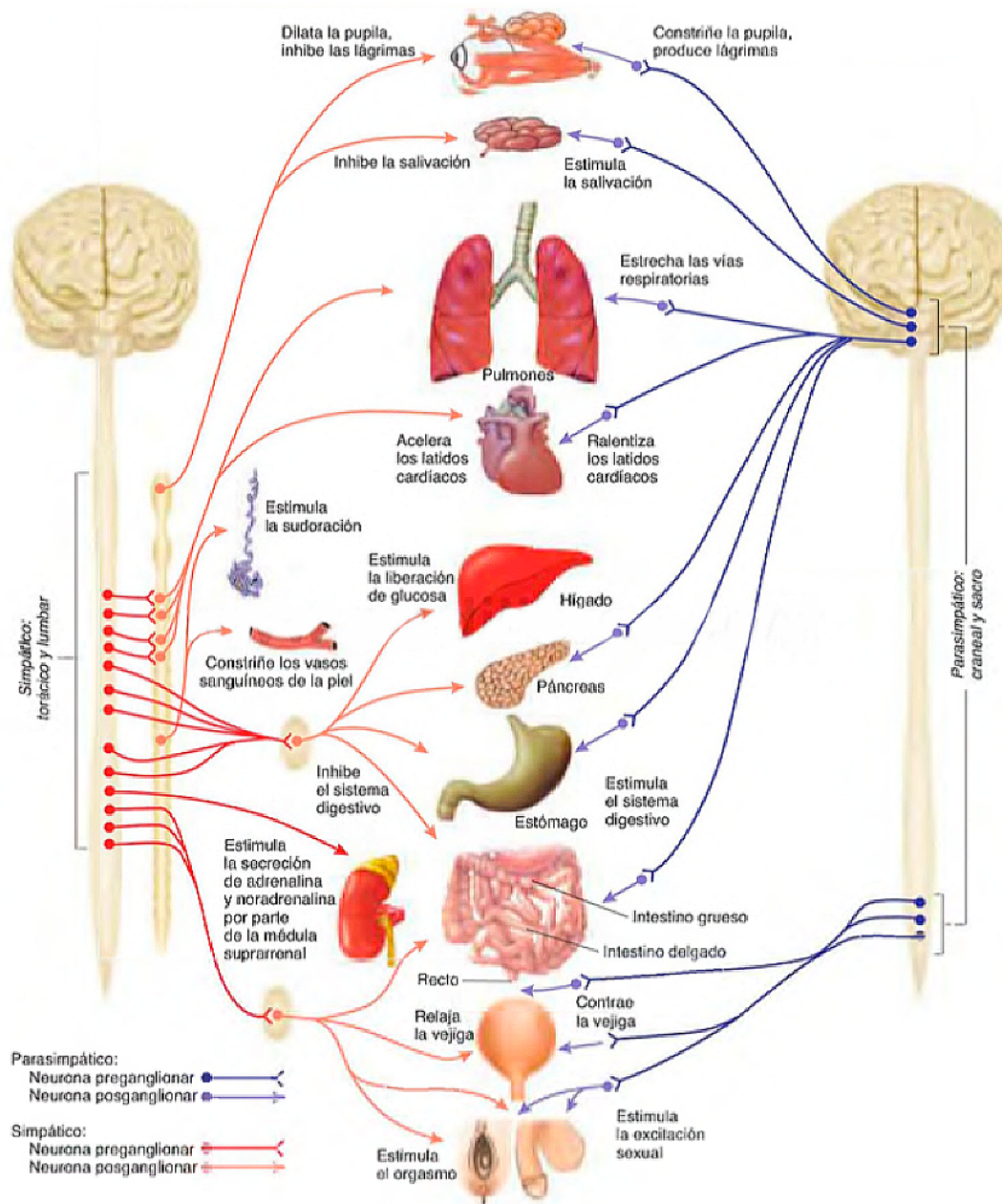
### **2.3.2 Sistema nervioso simpático, parasimpático y entérico**

Bajo una perspectiva tradicional, el sistema simpático y parasimpático son opuestos entre sí, siendo el primero el encargado de las reacciones del estrés y el segundo de la relajación. Ambas se encargan del control e integración de glándulas y músculos lisos (Nakayama *et. al.*, 2018).

Los reflejos viscerales se encuentran mediados por circuitos locales en el tallo cerebral y la médula espinal. El SNS se define como un sistema de movilización de respuesta rápida y el SNP como un sistema de activación y de amortiguación lenta. La actividad parasimpática también se nombra como tono vagal (Ernst, 2014). La figura 2 señala las inervaciones del SNS y SNP hacia diversos órganos diana.

**Figura 2**

*Ramas simpática y parasimpática del SNA*



Fuente: Carlson (2014).



Como se explicó anteriormente, la respuesta de ataque-huida formulada por Cannon corresponde a la activación del SNS. Así mismo, emociones de enojo, miedo, atención o entrenamiento físico tienden a aumentar el funcionamiento simpático, debido a esto el SNS se caracteriza por el gasto energético (Rodas *et al.*, 2008a; Moreno *et al.*, 2013; Carlson, 2014).

Ante una situación de estrés físico o cognitivo, la médula suprarrenal, controlada por el SNS comienza a secretar adrenalina y noradrenalina al torrente sanguíneo, compuestos químicos que actúan como hormonas y neurotransmisores y están encargados de transformar nutrientes en glucosa aumentando así la cantidad de energía y con ello la presión arterial. Esto se traduce en un aumento de FC mediante impulsos lentos de baja frecuencia que permiten al organismo entrar en un estado de alerta. El aumento de la FC supone una disminución de la VFC (Rodas *et al.*, 2008a; Frausto, 2011; Ortigosa *et al.*, 2018).

Por otra parte, la rama parasimpática segrega la acetilcolina, neurotransmisor ubicado tanto en el SNS como en el SNP, el cual disminuye la FC aumentando la VFC (Frausto, 2011). Ambas se encuentran interconectadas por miles de neuronas y cientos de ganglios que conforman lo que algunos denominan sistema nervioso intrínseco cardíaco o cerebro cardiovascular (García, 2013).

El SNE es la parte más especializada del sistema periférico. A pesar de tener un funcionamiento independiente su funcionamiento está estrechamente coordinado con el SNC. Los sistemas simpático y parasimpático envían información al cerebro y gracias a ésta se modula el funcionamiento del SNE. Se encarga principalmente de regular el aparato digestivo y funciones como el hambre y saciedad lo cual se conoce como motilidad gástrica (Pineda, 2014).

Tanto la rama simpática como parasimpática del SNA se encuentran inervadas al mismo control nervioso central, por lo cual, desde un punto de vista simplista, la activación de un sistema inhibe al otro, es decir que existe una correlación negativa, es por esto que el control autonómico puede representarse como un continuo que se extiende desde la dominancia simpática hasta la

parasimpática. Sin embargo, es importante mencionar que ambas ramas del SNA interactúan de una forma mucho más dinámica, tanto por reciprocidad como por coactivación (Mateos *et. al.*, 2015).

La variabilidad de las señales cardíacas representa la complejidad existente entre los cambios cardiovasculares y las respuestas de los diferentes sistemas regulatorios. Una activación vagal fuerte tiende a eliminar los efectos de la activación simpática y mientras la activación vagal tiende a reducirse, los niveles simpáticos alcanzan niveles más elevados (Reyes del Paso *et al.*, 2013).

El SNA trabaja de forma coordinada con el sistema endócrino que, mediante las glándulas endocrinas, producen hormonas transmitidas por el sistema circulatorio y son capaces de modular la producción de neurotransmisores. Desajustes hormonales pueden provocar cambios psicológicos significativos, como trastornos del estado de ánimo o de ansiedad (Morris y Maisto, 2011).

## **2.4 Fisiología cardíaca**

El corazón es un órgano hueco de tamaño similar al de un puño y con forma cónica, su peso aproximado es de 300 gramos. Se ubica en la zona media izquierda del pecho, llamada mediastino. Se divide en dos cavidades: aurículas y ventrículos, por esta razón se dice que es un órgano hueco. Las aurículas izquierda y derecha están divididas entre sí por el tabique interauricular también llamado pared muscular. Se ubican en la parte superior. En la parte inferior se encuentran los ventrículos izquierdo y derecho, separados por el tabique interventricular. La función de los tabiques consiste en evitar que la sangre de ambas partes del corazón se mezcle. El ventrículo izquierdo se encarga de bombear sangre oxigenada hacia todo el cuerpo, mientras que el ventrículo derecho bombea sangre hacia los pulmones donde es oxigenada (Fox, 2011; Guyton y Hall, 2012).

Los orificios auriculoventriculares se encuentran situados entre las aurículas y los ventrículos y en sus bordes se encuentran las válvulas auriculoventriculares, las cuales posibilitan el paso de sangre desde las aurículas hacia los ventrículos e

impiden que ésta regrese debido a estructuras musculares y cuerdas tendinosas. La válvula auriculoventricular izquierda se conoce como bicúspide o mitral, debido a que tiene dos válvulas. La válvula auriculoventricular derecha se conoce como tricúspide dado que tiene tres válvulas (Guyton y Hall, 2012; Higashida, 2013).

Los ventrículos cuentan con dos arterias de salida: del lado izquierdo la arteria aorta, separada del ventrículo por la válvula aórtica, y del lado derecho la arteria pulmonar, separada del ventrículo por la válvula pulmonar. La aurícula izquierda cuenta con cuatro orificios que desembocan en las venas pulmonares, mientras que la aurícula derecha tiene un orificio superior, uno que desemboca en la vena cava superior y otro en la vena cava inferior (Fox, 2011).

Existen vasos sanguíneos propios del corazón los cuales están encargados del transporte de nutrientes y oxígeno, así como de recoger dióxido de carbono y sustancias de desecho. Estos vasos se llaman arterias y venas coronarias. Las venas se encargan de transportar la sangre desoxigenada desde los capilares hacia el corazón. Las arterias transportan sangre oxigenada desde el corazón hacia los capilares del cuerpo (Higashida, 2013).

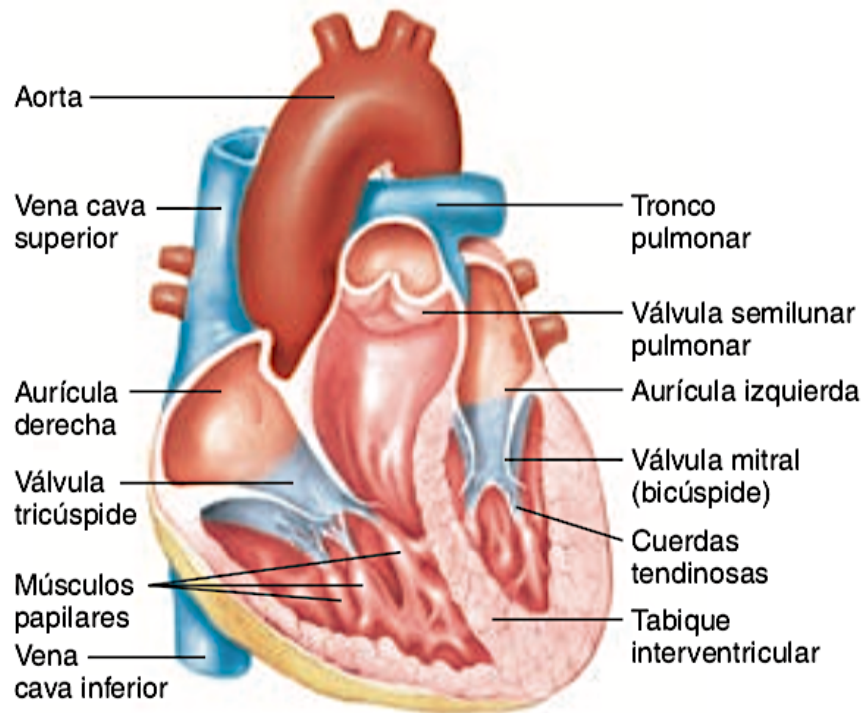
El corazón se encuentra dividido en tres capas, cada una con características y funciones propias. De forma general funcionan como recubrimiento (Guyton y Hall, 2012):

1. Endocardio: capa interior, es la capa encargada de cubrir el interior del corazón.
2. Miocardio: capa media, la más gruesa de todas. Es el tejido muscular. Cuenta con las siguientes características:
  - Excitable.
  - Autónoma.
  - Realiza la conducción de impulsos eléctricos.
  - Muestra contracción y relajación.
3. Pericardio o epicardio: capa exterior.

En la figura 3 se observa un corte sagital del músculo cardíaco y sus principales estructuras.

### Figura 3

#### *Estructuras cardíacas*



*Fuente:* Fox (2011).

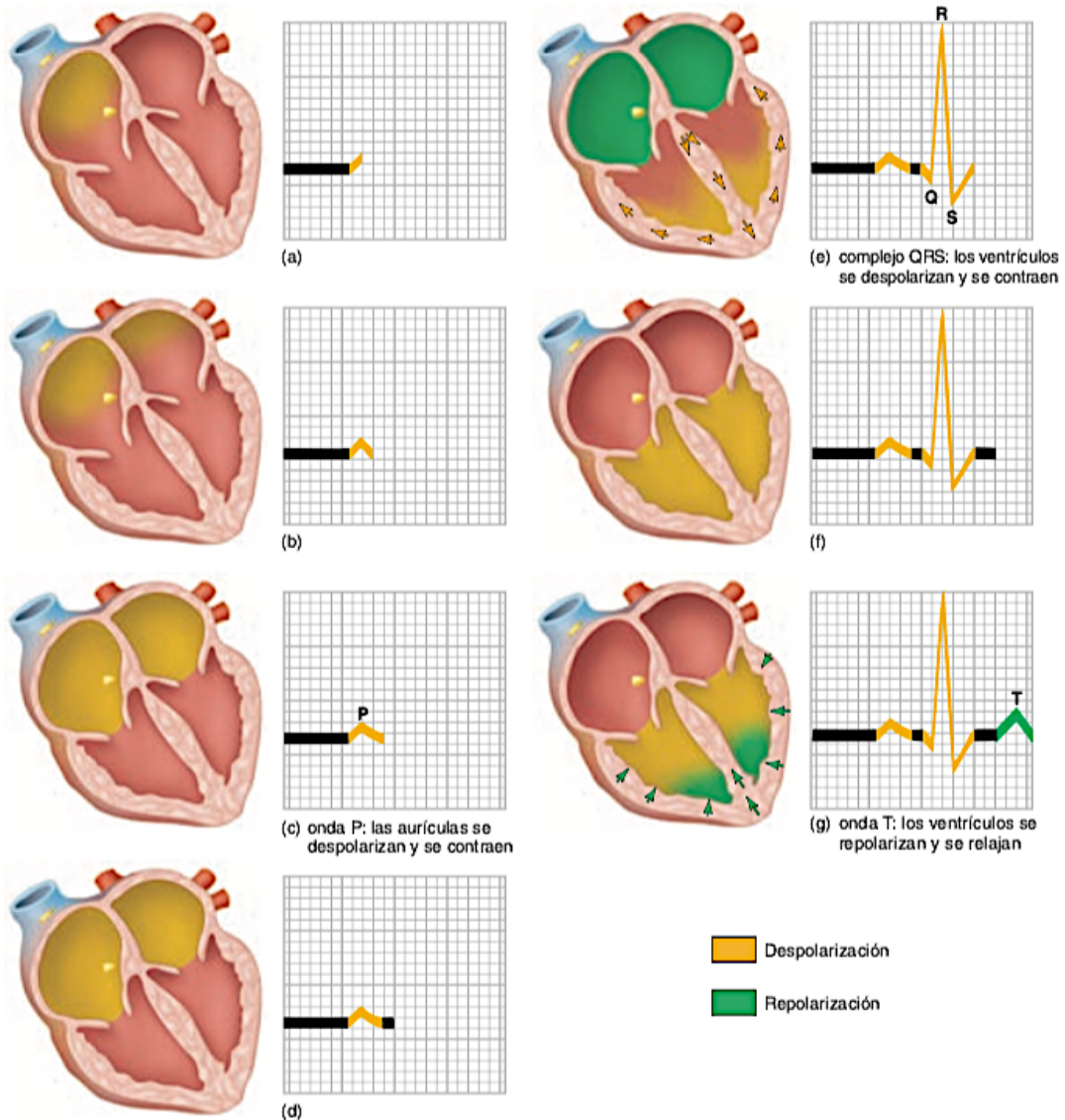
El corazón como órgano muscular, se encarga de bombear la sangre mediante la contracción de las aurículas, lo cual permite que ésta pase hacia los ventrículos. Éstos a su vez se contraen, enviando la sangre hacia el organismo por medio de las arterias. El periodo de contracción encargado de expulsar la sangre se conoce como sístole, mientras que el de relajación y llenado de sangre se conoce como diástole (Guyton y Hall, 2012).

Cada una de estas fases representa una despolarización y repolarización del tejido cardíaco, generando potenciales de acción en el nódulo sinoatrial (SA) lo cual da lugar al latido automático del corazón. Este proceso corresponde a las ondas que se registran por medio del ECG (Fox, 2011; Pineda, 2014).

La figura 4 expone cómo se realiza este proceso y su relación con la FC.

### Figura 4

Conducción de los impulsos cardíacos y su relación con el ECG



Fuente: Fox (2011).

La FC expuesta en la figura 4 se repite de 60 a 80 veces por minuto y en cada ciclo se bombean aproximadamente 70 ml. de sangre, por lo cual en un minuto el corazón bombea cerca de 5 litros de sangre, prácticamente el total que existe en el cuerpo humano (Higashida, 2013). Mediante este proceso se obtiene la cantidad

precisa de sangre para suministrar al organismo los nutrientes y el oxígeno necesario que permitan mantener la actividad que se esté realizando (García, 2013).

La FC depende de diversos factores: edad, sexo, presencia de enfermedades, hábitos de alimentación, ejercicio. Sin embargo, tiende a ser más elevada tanto en niños como en mujeres (Fox, 2011). En el caso de personas físicamente activas o deportistas de alto rendimiento, la FC es bastante baja, pudiendo llegar a 40 latidos por minuto en condiciones de reposo (Barbosa, 2011; Caldera, 2019).

## **2.5 Fundamentos de la VFC**

La psicofisiología es una rama de las neurociencias encargada de conocer la acción recíproca entre los procesos cognitivos y fisiológicos, para así determinar el modo en que esta interacción influye en la salud y en la enfermedad (Mateos *et al.*, 2015).

Actualmente, una de las variables más convenientemente investigadas dentro de los laboratorios de psicofisiología es el estrés, debido a la estrecha relación que tiene con el SNA y a la capacidad de éste para adaptarse a distintas condiciones, trátase ya de procesos de tipo fisiológicos, mentales, emocionales o conductuales y de sus mutuas interacciones (García, 2013).

A través del registro psicofisiológico se puede tener una medición objetiva del estrés, por lo cual el análisis de la VFC resulta ser un indicador de la actividad autonómica nerviosa ampliamente aceptado (Laborde *et al.*, 2017; Nakayama *et al.*, 2018). Actualmente, La VFC es una de las técnicas más estudiadas, ya que es un procedimiento poco invasivo para el estudio del funcionamiento autonómico en humanos (Reyes del Paso *et al.*, 2013).

Su análisis se caracteriza por tener una gran confiabilidad para valorar la modulación cardíaca autónoma sobre la FC (Moreno *et al.*, 2013; Gómez-Alcaina *et al.*, 2013; Sierra *et al.*, 2017), pudiendo tener una función tanto diagnóstica, como de pronóstico en problemas cardiovasculares (Mateos *et al.*, 2015). Permite obtener

información relevante en individuos con algún grado de morbilidad para la elaboración de pronósticos, patogénesis y estrategias de tratamiento en pacientes con enfermedades relacionadas a patologías cardiovasculares como diabetes mellitus, hipertensión, enfermedades renales, sobrepeso, control del estado de fibromialgia y síndrome de fatiga crónica. En individuos sanos describe la adaptabilidad al estrés físico y cognitivo. De igual manera funciona como biomarcador predictivo sobre estados de sobre-entrenamiento en deportistas de alto rendimiento (Rodas *et al.*, 2008a; García, 2013; López *et al.*, 2015).

La VFC es capaz de explorar las interacciones dinámicas entre respuestas de origen psicológico o cognitivo y fisiológico (García, 2013). Esto resulta ser de gran importancia, ya que las variaciones en el ritmo cardíaco no únicamente afectan el funcionamiento del corazón, sino que también influyen en la capacidad cerebral respecto al procesamiento de la información, la toma de decisiones y la resolución de problemas entre otras (Brisinda *et al.*, 2015).

El funcionamiento autonómico se ve afectado tanto por fenómenos psicológicos, como la regulación emocional, el estrés, la depresión, la ansiedad, el dolor (Mateos *et al.*, 2015). Una de las principales formas en las que ocurre este proceso de regulación homeostática es mediante la función cardiorrespiratoria (López *et al.*, 2015).

Bajo condiciones normales, todo individuo tiende a mostrar un ritmo no estable en su funcionamiento cardíaco, las variaciones de este ritmo representan la modulación cardíaca autónoma o VFC, es decir, la capacidad del corazón para adaptarse a cualquier circunstancia cambiante, generando así una respuesta rápida ante los estímulos o eventos cotidianos (Brisinda *et al.*, 2015). Por lo tanto, la VFC muestra el balance resultante de la interacción entre las dos ramas que componen el SNA, la simpática y la parasimpática. Este modelo fue presentado por primera vez por el equipo de Massimo Pagani (Pagani *et al.*, 1986, citado en: Reyes del Paso *et al.*, 2013).

El incremento de la FC representa un menor tiempo entre cada latido, por lo cual existe una menor variabilidad. De forma contraria, la disminución de la FC implica un mayor tiempo entre cada latido, lo cual se traduce como un aumento de la variabilidad (Sierra *et al.*, 2017). Un aumento en la carga de trabajo aumenta la FC y a su vez tiende a disminuir la VFC, por lo cual la relación entre estas, FC y VFC, es inversamente proporcional (Rodas *et al.*, 2008a).

Personas con buena salud muestran una mayor VFC, es decir, presentan intervalos de latidos cambiantes a lo largo del día (Rodas *et al.*, 2008a; Moreno *et al.*, 2013), lo cual refleja una buena adaptabilidad y capacidad de autorregulación y una menor incidencia en problemas de conducta y trastornos emocionales (Fonfría *et al.*, 2011). De igual forma, una VFC alta representa una morbi-mortalidad menor, así como una mayor tolerancia a las cargas de trabajo (Sierra *et al.*, 2017).

La VFC reducida, o con pocos cambios a lo largo del tiempo, se relaciona con un pronóstico poco favorable del estado de salud (Gómez-Alcaina *et al.*, 2013). Generalmente la VFC tiende a reducirse por diversos factores como la edad, el estrés, probable patología cardíaca o incapacidad de autorregulación. Igualmente se relaciona con trastornos de ansiedad generalizada, estrés postraumático, trastorno obsesivo-compulsivo, adicciones y depresión (Fonfría *et al.*, 2011; Sierra *et al.*, 2017). Es más frecuente en personas mayores y en aquellas con historial de problemas cardíacos como infartos, o insuficiencias cardíacas (Rodas *et al.*, 2008a).

Como se ha mencionado, la VFC es producida por el SNA, específicamente por la interacción que ocurre en éste por el sistema simpático-vagal y el sistema cardiovascular (SCV) (Rodas *et al.*, 2008a; Fonfría *et al.*, 2011; García, 2013; Moreno *et al.*, 2013). La actividad vagal se relaciona directamente con la arritmia del sinus respiratorio (ASR) (Mateos *et al.*, 2015). Cabe destacar que debido a las relaciones existentes entre el nervio vago y la actividad parasimpática en muchas investigaciones se utiliza el término vagal como sinónimo de actividad parasimpática o para referirse a procesos de relajación.



El balance simpático-vagal depende de una gran cantidad de factores internos y externos los cuales sirven como indicador para regular la FC; información de barorreceptores, quimiorreceptores, receptores atriales y receptores ventriculares, cambios en el sistema respiratorio, sistema vasomotor, sistema renina-angiotensina-aldosterona o mecanismos de termorregulación (Rodas *et al.*, 2008a; García, 2013). Por lo tanto, la salida neural de los nervios parasimpáticos y los nervios simpáticos permite realizar una estimación de la FC (Sierra *et al.*, 2017).

El SNP es capaz de disminuir la FC mediante impulsos eléctricos vagales de alta frecuencia, por medio de la liberación de acetilcolina en el nodo sinusal a través del nervio vago (Rodas *et al.*, 2008a; Ortigosa *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que un ejercicio físico regular mejora el descanso de la actividad cardíaca vagal, reduciendo así la conducción simpática e incrementando la sensibilidad del barorreflejo cardíaco (Reyes del Paso *et al.*, 2013).

Edad, género, posición corporal, hora del día, temperatura, altitud, consumo de estimulantes o depresores del SNC, medicamentos específicos (atropina, beta-bloqueadores), condición física, ritmos circadianos, factores genéticos y el estrés son factores que influyen de manera directa a la VFC (Rodas *et al.*, 2008a; Fox, 2011; Higashida, 2013, Peláez, 2016).

Respecto a las investigaciones psicofisiológicas, la VFC se ha abordado desde cinco teorías principales. Laborde y colaboradores (Laborde *et al.*, 2017) mencionan los siguientes:

- Modelo de Integración Neuroviceral, propuesto por Thayer y colaboradores (Thayer *et al.*, 2009): Señala que existe una conexión entre el córtex prefrontal y el corazón a través de una red autonómica central y del nervio vago. La regulación emocional cortical influye en el componente parasimpático de la VFC. Este proceso ocurre en la red autonómica central (*Central Autonomic Network; CAN*), encargada de regular respuestas visceromotoras, neuroendocrinas, dolor y respuestas conductuales de

supervivencia. A mayor tono vagal, habrá mejor desempeño ejecutivo-cognitivo, así como mejor regulación emocional y de salud en general (Avedaño, 2009; Fonfría *et. al.*, 2011; Rodríguez de Ávila *et. al.*, 2018).

- Teoría Polivagal de Porges (2007): Al igual que el modelo de integración neurovisceral, Porges propone que entre mayor sea el tono vagal existirá un mejor funcionamiento social. Ambas teorías se basan en que la corteza prefrontal influencia la actividad cardíaca mediante la rama parasimpática, por lo cual, procesos ejecutivos, psicológicos y emocionales tienen estrecha relación con los índices de la VFC (Rodríguez de Ávila *et. al.*, 2018).
- Modelo de Comportamiento Biológico de Grossman y Taylor (2007): Mencionan que el cual el tono vagal es fundamental para regular el intercambio de energía en la sincronización respiratoria y los cambios cardiovasculares, lo que permite una mayor adaptación en la persona, así como una mayor reserva de energía para la ejecución de actividades.
- Modelo de Resonancia de Frecuencias Respiratorias de Lehrer (2013): Propone que el tono vagal es capaz de aumentar mediante ejercicios de respiración pausada.
- Modelo de Coherencia Psicofisiológica de McCraty y Childre (2010): Proponen que tanto la respiración cíclica como la concentración en emociones positivas generan cambios positivos que mejoran la salud general, así como las aptitudes sociales y personales.

Estas cinco teorías sobre la VFC tienen en común el tono vagal producido por la actividad parasimpática (Laborde *et al.*, 2017).

### **2.5.1 Registro electrocardiográfico**

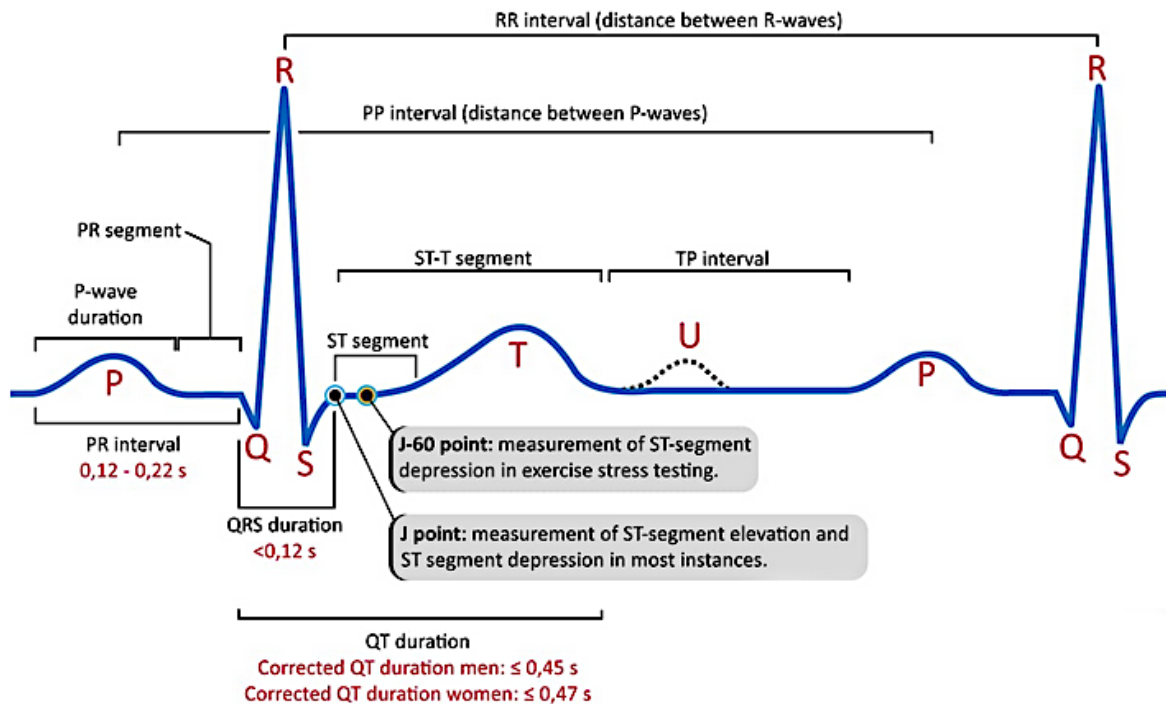
El cálculo de la VFC se realiza por medio de un registro ECG el cual es capaz de medir la actividad eléctrica del corazón (Rodas *et al.*, 2008a). Esta actividad eléctrica se propaga desde el músculo cardíaco hasta los tejidos próximos y una pequeña proporción llega hasta la superficie corporal, lugar donde se colocan los electrodos conforme a métodos de derivación específicos (Guyton y Hall, 2012).

El ECG es una representación gráfica y por tanto no representa una medición directa de los eventos cardíacos, sin embargo, cada cresta y valle corresponde a un evento eléctrico y a un cambio mecánico del corazón (Pineda, 2014).

El registro ECG describe el cambio de intervalos de tiempo entre un latido y otro a lo largo del tiempo, pudiendo ser un momento específico o en un espacio de tiempo previamente determinado, esto dependerá de los objetivos de la investigación que se realice y del análisis mismo (Rodas *et al.*, 2008a; Fonfría *et al.*, 2011; Mateos *et al.*, 2015; López *et al.*, 2015).

El ECG se compone de tres secciones: onda P, complejo QRS y onda T. Representan tanto la despolarización como la repolarización de las aurículas y ventrículos. A través de estas secciones se establecen características concretas de diversas patologías y procesos cardiovasculares (Ortigosa *et al.*, 2018).

**Figura 5**  
*Componentes del ECG*



Fuente: ECG & Echo Learning (2018).

Como se observa en la figura 5, un ECG se conforma por intervalos, segmentos y complejos, los cuales están relacionados al ciclo cardíaco. El significado general de cada uno se describe a continuación:

- 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 R-R. 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.

Posteriormente, los datos obtenidos mediante el ECG son trasladados a diversos tipos de software donde se realiza un procesamiento digital de señales y se identifican los intervalos R-R, eliminando así fragmentos anormales y ruidos o artefactos mediante filtros. Este es el método más tradicional para determinar la VFC. Es necesario realizar un cálculo de la diferencia de la distancia entre cada una de las ondas R, lo que se conoce como intervalo R-R, N-N o intervalo latido-a-latido, en inglés, *interbeat interval* (IBI). Luego, se calculan los parámetros de la VFC en función de los métodos de tiempo o de la frecuencia. La VFC se representa mediante tacogramas los cuales pueden ser graficados como histogramas que señalen los puntos R-R y la FC (Rodas *et al.*, 2008a; López *et al.*, 2015).

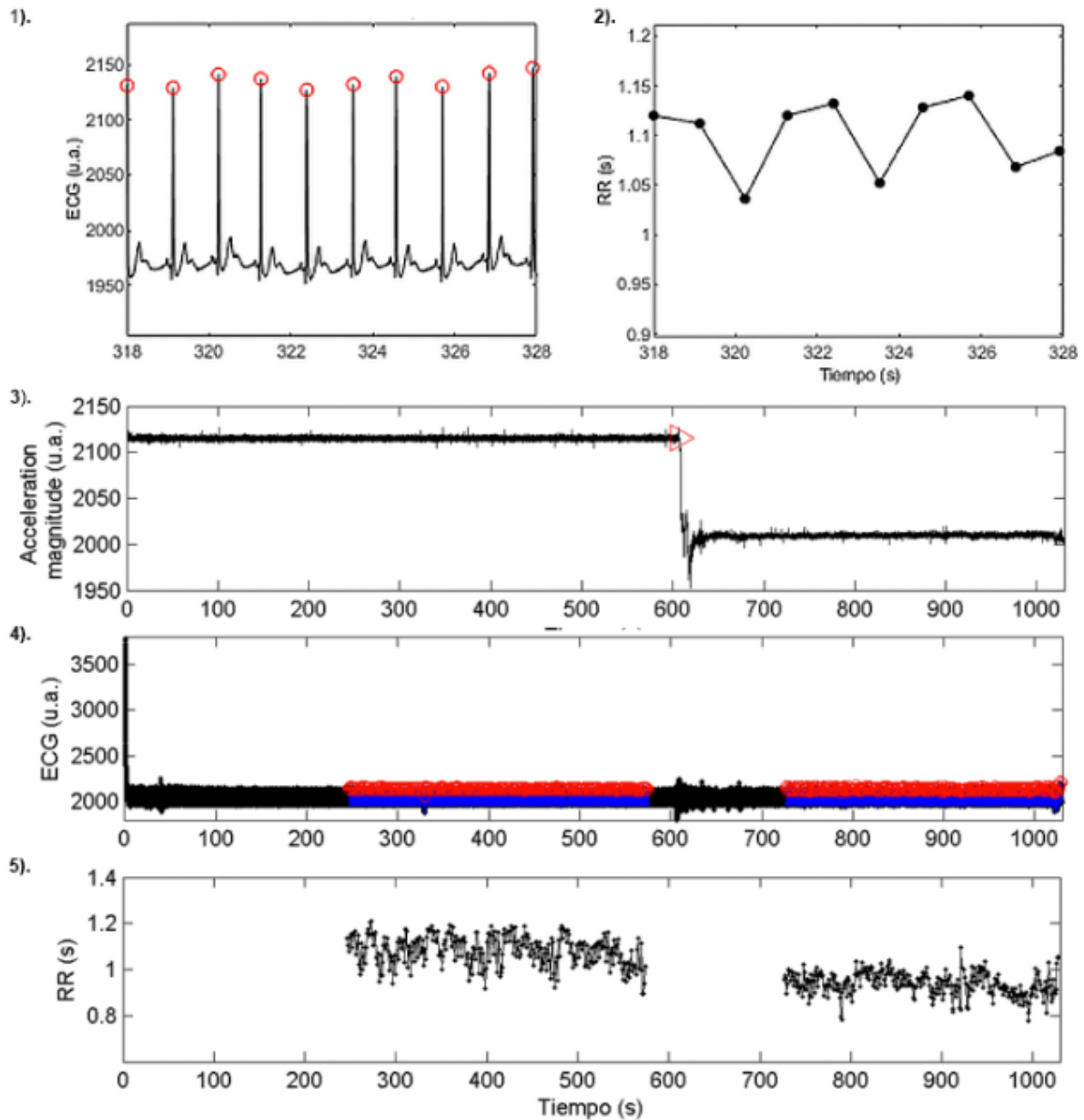
Las diferencias existentes en los intervalos R-R son producidas por el control del SNA sobre la regulación de la FC (Ortigosa *et al.*, 2018). La VFC describe cómo los periodos latido-a-latido son capaces de acomodarse según las exigencias internas y externas (Rodas *et al.*, 2008a).

La figura 6 muestra un ejemplo de registro ECG real medido en dos tiempos. El inciso 1) muestra una serie de deflexiones u ondas cardíacas producidas por

latidos y su duración en ms. El inciso 2) señala la significación estadística. El inciso 3) muestra los dos tiempos de medición: posición supina y posición ortostática. El inciso 4) y 5) representa la selección de los segmentos de interés para análisis.

**Figura 6**

*Variación de los latidos en intervalos R-R o VFC*



*Fuente:* Elaboración de colaboradora del proyecto (Lerma, C.).

El tiempo entre latidos se determina en milisegundos y es variable, aunque generalmente se ubica entre los 700 y 900 ms en adultos sanos. Las variaciones normales de una persona tienen un rango de 200 a 300 ms (Ortigosa *et al.*, 2018).

Las fluctuaciones R-R tienden a sincronizarse con la respiración. Este proceso es conocido como arritmia del sinus respiratorio (ASR) la cual refleja cambios en la regulación autonómica del corazón. Como se ha expresado anteriormente, la ASR es uno de los aspectos de mayor relevancia en el estudio de la VFC, ya que explica la relación entre los estados de estrés con los cambios en variabilidad. Tanto la respiración como la interacción entre actividad autonómica neural y la presión sanguínea entre otros, provocan cambios en ritmos, tanto cortos como a largo plazo, en medidas de VFC (Mateos *et al.*, 2015; Laborde *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2017; Caldera, 2019).

### **2.5.2 Diseño de experimentos en VFC**

Los métodos de registro son diversos, adecuándose conforme al carácter de la investigación. Su duración puede oscilar desde varios minutos hasta varias horas (Mateos *et al.*, 2015). Durante el registro frecuentemente se realizan actividades mentales, como desafíos aritméticos, tareas de atención y memoria, ejercicios físicos, potenciales de evocación y, a fechas más recientes, uso de entornos de simulación de realidad virtual y tonos binaurales. El objetivo se centra en inducir cambios en la activación simpato-vagal (Reyes del Paso *et al.*, 2013; Vega, 2017; Riera, 2019).

El diseño del experimento se propone generalmente utilizando tres condiciones: línea base, maniobra y recuperación. Laborde *et al.*, (2017) proponen el diseño siguiendo las tres R: *Resting, Reactivity, Recovery*, sin embargo, pueden asignarse el número de maniobras que se consideren necesarias según la naturaleza de la investigación que se realice.

Los diseños utilizados para el registro de la VFC pueden ser de tipo intrasujeto e intersujeto. Los diseños de tipo intrasujeto son más favorables para el

protocolo de una investigación ya que permiten un mayor control experimental, menor cantidad de participantes y mayor poder estadístico. Así mismo, aminoran las diferencias y condiciones preexistentes entre un individuo y otro, como edad, sexo, consumo de tabaco, alcohol, drogas, peso, estatura, medicamentos que afecten el funcionamiento cardíaco y enfermedades (Laborde *et al.*, 2017).

El participante debe cumplir con condiciones previas al registro, como una rutina de sueño normal, no haber realizado ejercicio de alto impacto el día previo al estudio, no haber ingerido alimentos 2 horas previas, evitar el consumo de café, té o bebidas energizantes, utilizar el baño previamente en caso de ser necesario, no haber ingerido alcohol ni tabaco. Se requiere de un periodo de adecuación de 5 minutos para estabilizar la FC una vez que la persona llega al laboratorio. Es necesario que la persona respete estas medidas a fin de que los resultados no resulten alterados (Peláez, 2016; Laborde *et al.*, 2017).

La posición del cuerpo afecta la FC, la VFC y la presión arterial. El registro de la VFC puede realizarse acostado en posición decúbito supino o sedente en un ángulo de 90° en reposo. Los pies deben estar bien colocados en el piso, sin cruzar, con las manos sobre los muslos con las palmas hacia arriba y los ojos cerrados, a menos que se requieran de estímulos visuales (Barbosa, 2011; García, 2013).

No es recomendable realizar el registro de pie, a menos que se pretendan analizar los efectos del estrés físico, o en todo caso, combinar actividades de estrés físico y cognitivo. Un mismo sujeto, evaluado en diferentes posiciones corporales, dará distintas mediciones. Esto se debe a los ajustes hemodinámicos que afectan la regulación vegetativa y con ello a la presión arterial y aumento en la FC (Barbosa, 2011).

Es importante respetar el mismo protocolo de evaluación en cada uno de los participantes, esto es, que las mediciones sean realizadas en las mismas condiciones, incluyendo un horario fijo y una temperatura estable para que los registros no se vean alterados (Laborde *et al.*, 2017).

La mayoría de los protocolos incluyen inducción de estrés mental y emocional. Para provocar el estrés pueden utilizarse pruebas de tipo *Stroop* de colores, cálculos aritméticos siguiendo patrones y reglas preestablecidas, potenciales de evocación y ejercicios de imaginación, ejercicios de control respiratorio mediante un metrónomo, estímulos visuales con contenido emocional negativo, positivo o neutro (fragmentos de películas, imágenes), estímulos auditivos (música, sonidos binaurales), pruebas ortostáticas, lectura de textos (procedimiento de Velten), entre otras (Fonfría *et al.*, 2011; Fernández, 2012; Pérez *et al.*, 2014; Vega, 2017).

Los métodos más eficaces para la inducción del estrés son las pruebas aritméticas y las de tipo Stroop, ya que además de provocar una mayor activación en la persona su implementación resulta bastante sencilla. Así mismo es importante incluir dentro del perfil de estrés un auto-reporte para conocer la experiencia subjetiva de la persona ante el estrés, así como su capacidad introspectiva (Fernández, 2012; Peláez, 2016; Vega, 2017).

Respecto a la duración del tiempo la mayoría de estudios psicofisiológicos realizan registros de duración corta (2-5 minutos), ya que estos resultan ser más convenientes por motivos de practicidad. El análisis más utilizado para este tipo de registro es mediante los métodos de dominio de frecuencia (Mateos *et al.*, 2015).

Es posible realizar electrocardiogramas de 24 horas, los cuales se efectúan mediante un monitor Holter. Así es posible obtener un registro completo durante diversos momentos del día. Sirve para valorar padecimientos concretos de tipo cardiovascular, diabetes mellitus, fibromialgia, síndrome de fatiga crónica y es ideal para estudios polisomnográficos y de trastornos del sueño (Rodas *et al.*, 2008a).

Igualmente pueden efectuarse registros durante el ejercicio físico: mediante aparatos portátiles POLAR, el sujeto puede realizar cualquier actividad deportiva (Rodas *et al.*, 2008a).



### 2.5.3 Principales parámetros de estudio

Dentro de la VFC existen cerca de 70 parámetros distintos que pueden ser analizados. Ante tal complejidad, resulta imprescindible delimitar cuáles de estos son los más relevantes para ser estudiados. Su elección dependerá del objetivo de la investigación (Laborde *et al.*, 2017).

Los métodos más utilizados se dividen en métodos lineales y métodos no lineales. Los métodos lineales comprenden el dominio de tiempo, dominio de frecuencia y dominio de tiempo-frecuencia. Los métodos no lineales se componen de espacios de fase, medición de complejidad (entropía), y dimensión fractal. Cada una de estas categorías se subdivide a su vez en diversos métodos específicos y se asocian en mayor o menor medida a la actividad del SNS o del SNP (Rodas *et al.*, 2008a; Ruíz, 2009; Mateos *et al.*, 2015; García, 2013).

#### 2.5.3.1 Parámetros del dominio de tiempo

Son los parámetros de medición electrocardiográfica de intervalos R-R normales. Mediante el análisis estadístico y matemático se obtienen distintos parámetros, los cuales fueron establecidos por la European Society of Cardiology y la North American Society of Pacing and Electrophysiology Task Force Report on HRV (1996). Los valores obtenidos en el dominio del tiempo son útiles para revelar anomalías de la actividad del SNA, pero no resultan precisos para medir cambios del SNS y del SNP. Mediante éstos es posible observar la actividad parasimpática ya que la VFC disminuye al mismo tiempo que la actividad vagal (Rodas *et al.*, 2008a).

#### Cuadro 7

##### *Parámetros comprendidos en el dominio de tiempo*

Método	Parámetro	Unidades	Descripción	Origen fisiológico y significado funcional
	MeanRR	ms	La media de los intervalos R-R.	Representa la FC por unidad de tiempo.

Dominio de tiempo	MeanHR	<i>1/min</i>	Media de la FC.	
	HR SD	<i>1/min</i>	Desviación estándar de la FC instantánea.	
	SDNN	<i>ms</i>	Desviación estándar de las diferencias entre intervalos R-R adyacentes.	Relacionado con la actividad parasimpática. Refleja los componentes cíclicos responsables de la variabilidad durante el registro.
	RRSD		Desviación estándar de todos los intervalos R-R. Se conoce como Variabilidad Total.	
	RMSSD	<i>ms</i>	Raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos R-R sucesivos.	Sirve para dar cuenta de las variaciones a corto plazo en los intervalos R-R. Permite conocer la influencia del SNP en el SCV. Es la variabilidad a corto plazo. Se encuentra ampliamente relacionada con HF. Este parámetro no se ve afectado por cambios respiratorios.
	NN50		Porcentaje de los intervalos R-R consecutivos que difieren en 50 ms entre sí.	
	pNN50	%	NN50 dividido por el número total de los intervalos R-R.	Proporciona información sobre las variaciones altas espontáneas de la FC. Tiene correlación con el parámetro RMSSD y HF. Refleja el tono vagal.
	HRV triangular index		El entero del intervalo R-R dividido por la altura del histograma.	
	TINN	<i>ms</i>	Amplitud de la línea base del histograma de los intervalos R-R.	
	SDANN		Desviación estándar de los periodos R-R con una media de medida de 5 minutos.	
ASDNN		Índice de las desviaciones estándar de todas las medidas		

---

de los intervalos R-R de 5 minutos a lo largo de 24 horas.

---

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis, adaptado de: European Society of Cardiology y la North American Society of Pacing and Electrophysiology Task Force Report on HRV (1996); Rodas *et al.*, (2008a); Brisinda *et al.*, (2015); Laborde *et al.*, (2017); Ortigosa *et al.*, (2018).

### **2.5.3.2 Medidas geométricas**

Éstas permiten generar histogramas que representan los valores R-R. A partir de dichos histogramas se extrae matemáticamente el índice geométrico de la VFC. Permite reducir los intervalos R-R anómalos y los artefactos (ruido de la señal). Se dividen en Índice Triangular R-R y TINN. Tienen una fuerte relación con el parámetro SDNN del Dominio Temporal (Rodas *et al.*, 2008b).

### **2.5.3.3 Parámetros de dominio de frecuencias**

Los parámetros de dominio de frecuencias, también conocidos como espectro de frecuencias, son una de las herramientas más utilizadas actualmente para realizar el análisis de la VFC (Reyes del Paso *et al.*, 2013). Para su análisis se requiere filtrar las señales en diferentes bandas (Laborde *et al.*, 2017).

Sayers (1973, citado en: Rapalis, 2017) describió tres bandas de frecuencia distintas: frecuencia baja (<0.05 Hz), frecuencia media (0.06 a 0.10 Hz) y alta frecuencia (>0.15 Hz). Posteriormente, Huang *et al.* (1997, citado en: Barbosa, 2011) plantearon las tres bandas de frecuencia con un rango de valores más específico: frecuencia alta (HF: 0.15 a 0.5 Hz), frecuencia media (MF: 0.08 a 0.15 Hz) y frecuencia baja (LF: 0.02 a 0.08 Hz).

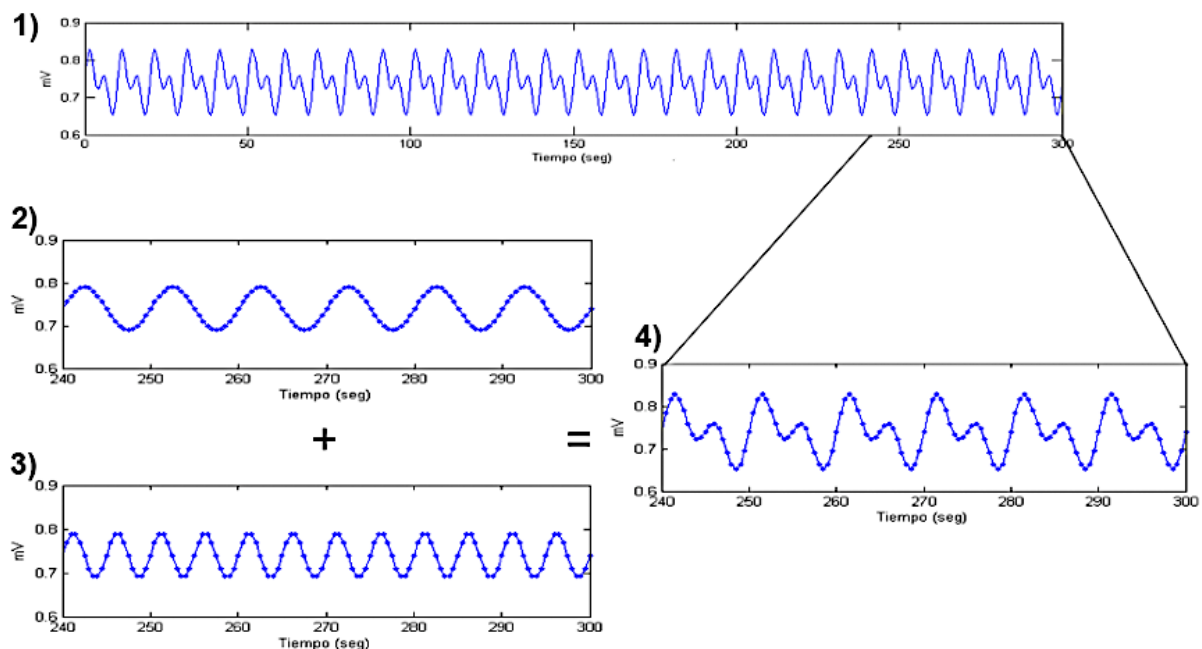
Al igual que los parámetros de dominio de tiempo, los parámetros de dominio de frecuencias fueron señalados de forma unánime por la European Society of Cardiology y la North American Society of Pacing and Electrophysiology Task Force Report on HRV (1996) quienes clasificaron las oscilaciones de la FC en 4 bandas de frecuencias básicas: HF, LF, VLF y ULF, clasificación aceptada universalmente

y que actualmente se continúa utilizando (Barbosa, 2011; Mateos *et al.*, 2015; Sierra *et al.*, 2017).

Estos parámetros se obtienen mediante la transformada de Fourier o algún otro análisis matemático. Las transformadas de Fourier permiten descomponer una serie temporal, periódica e irregular en funciones sinusoidales regulares, con sus propias frecuencias, amplitudes y fases relativas. Al sumar todas estas funciones sinusoidales se obtiene la misma serie temporal de la que provienen. Esto permite analizar cada frecuencia por separado y observar cómo contribuyen a la señal (Fonfría *et al.*, 2011; García, 2013).

**Figura 7**

*Señales sinusoidales*



*Fuente:* Elaboración de colaboradora del proyecto (Lerma, C.).

La figura 7 muestra cómo dos señales con frecuencias diferentes, representadas por los incisos 2) y 3), al ser sumadas, componen una señal más compleja. Este mismo principio se encuentra dentro de las señales de ECG.

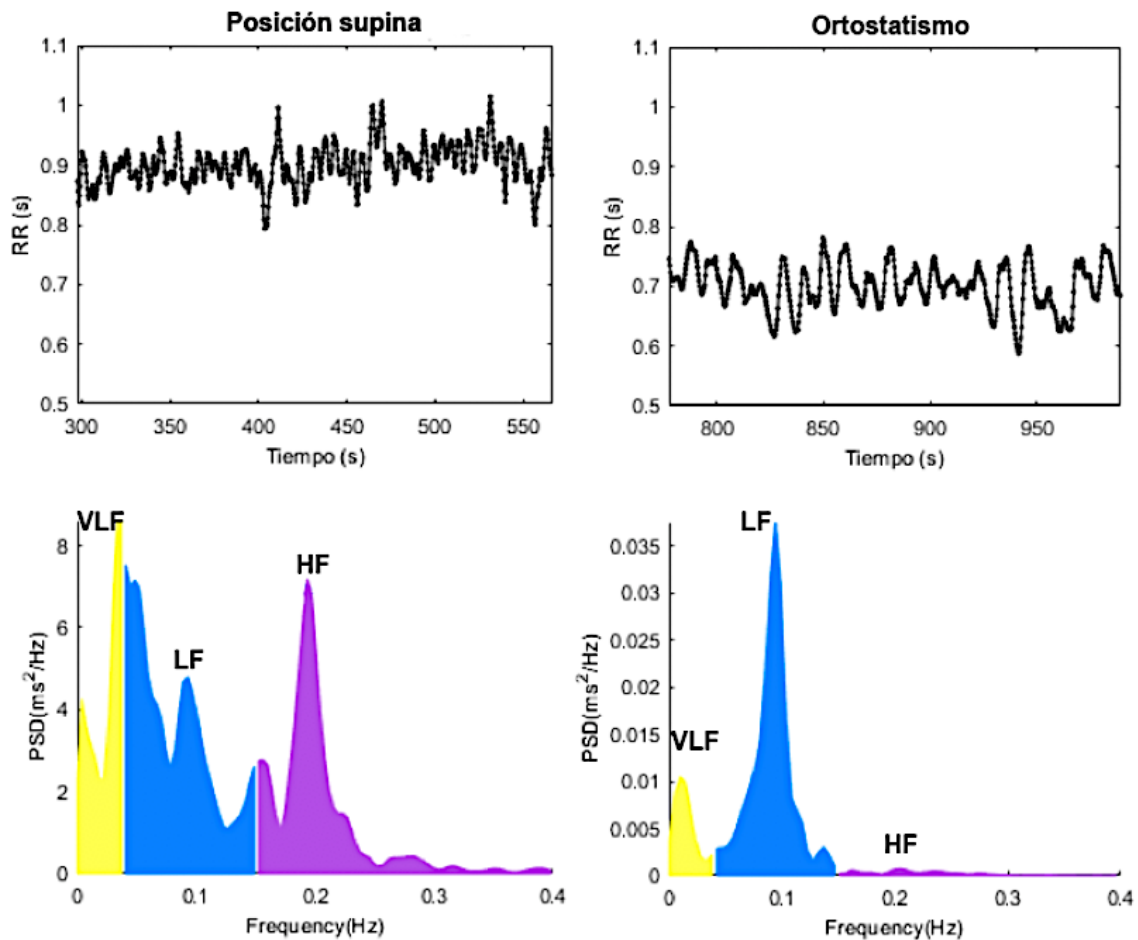
Se descompone la energía (potencia) de la señal R-R en distintos componentes espectrales los cuales tienen correlación con los diferentes

componentes del SNA. La potencia de la señal se encuentra entre los 0 y 0.4 Hz. Generalmente se realiza en mediciones de corto tiempo (2-5 minutos) (Rodas *et al.*, 2008a).

La figura 8 muestra el análisis espectral de un ECG real por medio del cual se obtienen los parámetros de tiempo y sus correspondientes bandas de frecuencia (VLF, LF, HF). Los cambios corresponden a un mismo registro realizado tanto en posición supina como en posición ortostática.

**Figura 8**

*Procesamiento de señal para análisis espectral de tiempo variable*



*Fuente:* Elaboración de colaboradora del proyecto (Lerma, C.).

Cada banda de frecuencia se representa en valores absolutos de potencia ( $\text{ms}^2$ ). No obstante, se ha descubierto que cuando los componentes espectrales son

expresados en unidades absolutas, el poder espectral total distorsiona la estimación del poder de LF y HF, es decir que no existe una distribución normal de los datos, por lo cual resulta conveniente utilizar transformaciones logarítmicas como la proporción LF/HF, así como unidades normalizadas (nu), especialmente cuando se refiere al tono cardíaco simpático (Ruíz, 2009; Barbosa; 2011; Reyes del Paso *et al.*, 2013; García, 2013).

Estudios realizados por Reyes del Paso y colaboradores (Reyes del Paso *et al.*, 2013) han demostrado que durante ejercicio físico los componentes LF y HF tienden a disminuir al ser expresados en unidades absolutas. En cambio, cuando son expresados en unidades normalizadas se observa incremento en la LF y un decremento en HF. Igualmente se ha observado que el estrés provocado por aritmética mental incrementa la LF y reduce las bandas HF.

La influencia de mecanismos simpáticos en las bandas LF y VLF se encuentran basadas en definiciones de VFC de publicaciones de primera época, mismas que son distintas a las definiciones más actuales como las propuestas por (Berntson *et al.*, 1997) y la Task Force (1996). Reyes del Paso (Reyes del Paso *et al.*, 2013) refiere que: “Lo que se conocía como LF actualmente se le conoce como VLF y la banda LF no se consideraba como índice de tipo simpático”.

Las relaciones más significativas entre los parámetros las podemos encontrar entre variables de tiempo y variables de frecuencia, habiendo una correlación altamente significativa entre los valores de TP (Total Power) y SDNN, ULF (Ultra low frequency) y SDANN, VLF (Very low frequency) y ASDNN, y entre HF (High frequency) y pNN50 (Rodas *et al.*, 2008b).

En los parámetros de tiempo existen asociaciones significativas entre SDNN y SDANN, así como entre RMSSD y pNN50 (Rodas *et al.*, 2008b).

## Cuadro 8

### *Parámetros comprendidos en el dominio de frecuencia*

Método	Parámetro	Unidades	Descripción	Origen fisiológico y significado funcional
Dominio de frecuencia	TP (Total Power)		Es el espectro general y representa la varianza de todos los componentes de los intervalos R-R menores a 0.4 Hz.	En casos de estrés agudo se ha observado una reducción del TP, probablemente provocado por la disminución de la actividad del componente HF.
	ULF (Ultra Low Frequency)		Frecuencias menores a 0.0033 Hz.	Se relaciona con el parámetro SDANN en el dominio temporal. Son más perceptibles en los registros Holter de 24 horas ya que reflejan las oscilaciones circadianas al igual que los cambios de temperatura, metabolismo y en el sistema renina-angiotensina.
	VLF (Very Low Frequency)		Frecuencias de 0.0033 a 0.04 Hz.	Refleja mecanismos de regulación de largo término como las influencias hormonales, vasomotoras y termoreguladoras así como la influencia del sistema renina-angiotensina-aldosterona y la respuesta barorreceptora. Tiende a aumentar en los estados REM y durante la actividad física. Se relaciona con mayor salud y bienestar. Refleja la actividad parasimpática. Una baja presencia de ondas VLF se relaciona con altos niveles de inflamación, incremento en el riesgo de desenlaces adversos y mayor mortalidad en general.
	LF (Low Frequency)		Frecuencias entre 0.04 y 0.15 Hz.	Fue conocida anteriormente como rango de frecuencia media. Se relaciona mayormente con el tono cardíaco simpático, aunque también se ha propuesto que tiene influencia vagal. Muestra el dominio de la actividad barorreceptora. En frecuencias próximas a 0.1 Hz aparecen las llamadas Ondas de Mayer, relacionadas con la presión sanguínea y el tono vasomotor. Cuando el organismo está estresado se evidencia una modificación en este espectro de frecuencia. La activación simpática provoca un decrecimiento en el poder total de la VFC, incluido en el

componente LF, contrario a lo que ocurre en la activación vagal.

HF (High Frequency)	Frecuencias entre 0.15 y 0.40 Hz.	Se relaciona con la actividad del SNP y con el nervio vago. así como con la relajación en la FC influida por la frecuencia respiratoria, razón por la cual también se le conoce como “banda respiratoria”. Se encuentra asociada con la ASR. Una disminución en las ondas HF se relaciona con estrés, pánico, ansiedad y preocupaciones. Es importante señalar que las bandas HF requieren ser ajustadas según la población de estudio, como es el caso de los niños, ya que su frecuencia respiratoria es mucho más acelerada que la de un adulto o una persona mayor, al igual que en el caso de deportistas de alto rendimiento.
VHF (Very High Frequency)	Frecuencias entre 0.40 y 1.00 Hz.	Se relaciona directamente con la ejecución de ejercicio físico.
Proporción LF/HF	Proporción entre los poderes de las bandas LF y HF.	Permite valorar el equilibrio simpático-vagal ya que tiene que ver tanto con LF, relacionada al estrés, como con la HF, relacionada a la relajación. El predominio del SNS puede indicar trastornos de salud, depresión, sobreentrenamiento o lesiones musculares entre otros.
Peak Frequency	Hz	Frecuencias pico de las bandas VLF, LF y HF.
Absolute Power	ms <sup>2</sup>	Poder absoluto de las bandas VLF, LF y HF.
Relative Power	%	Poder relativo de las bandas VLF, LF y HF.
Normalized Power	n.u.	Poderes de las bandas LF y HF en unidades normalizadas.  - LF (n.u.)=LF (ms <sup>2</sup> )/[(total power (ms <sup>2</sup> ) - VLF (ms <sup>2</sup> )).



---

$$- HF (n.u.) = HF (ms^2) / [(total power (ms^2) - VLF (ms^2))]$$

---

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis, adaptado de: Rodas *et. al.*, (2008a); García (2013); Reyes del Paso *et. al.*, (2013); Brisinda *et al.*, (2015); López *et. al.*, (2015); Laborde *et. al.*, (2017); Sierra *et. al.*, (2017); Nakayama *et. al.*, (2018); Ortigosa *et al.*, (2018).

### **2.5.3.4 Métodos de dominio tiempo-frecuencia**

Estos métodos proporcionan una mayor cantidad de información respecto al balance simpático-vagal. Se utilizan únicamente en registros en estado de reposo y de corto tiempo (de 2 a 10 minutos). La técnica tiempo-escala o tiempo-frecuencia, llamada también análisis wavelet, es una de las más sofisticadas actualmente. Es un tipo de análisis matemático que da información sobre espacio, tamaño y dirección de una serie. Es capaz de aislar, detectar y manipular patrones ocultos en series complejas y de gran cantidad de datos, así como visualizar con gran precisión los comportamientos individuales de cada banda de frecuencia a lo largo del tiempo (Barbosa, 2011; García, 2013).

Lee e Yamamoto (1994, citado en: Barbosa, 2011) refieren que las wavelets tienen un amplio campo de aplicación, independientemente a los análisis electrocardiográficos, como en ramas de la física: astrofísica, geofísica, óptica, dinámica molecular, análisis de turbulencias, mecánica cuántica. Igualmente son utilizados en procesamiento digital de sonido, de imágenes, de reconocimiento de voz, imágenes generadas por computador (CGI), análisis de sangre, análisis de ADN y biometría entre otros.

Las principales técnicas wavelet son clasificadas de la siguiente forma:

- Wavelets. Llamada transformada de wavelet, de ondas u ondículas. Permite analizar series de tiempo cuya frecuencia varía a lo largo del tiempo, procesamiento que no es posible ejecutar mediante análisis de tipo Fourier. Existen diversos tipos de wavelets como:

- Haar
- Mexican Hat
- Daubecheis
- Symmlet
- Coiflet
- Gaussiana
- Morlet
- Meyer
- Spline
- Biorthogonal

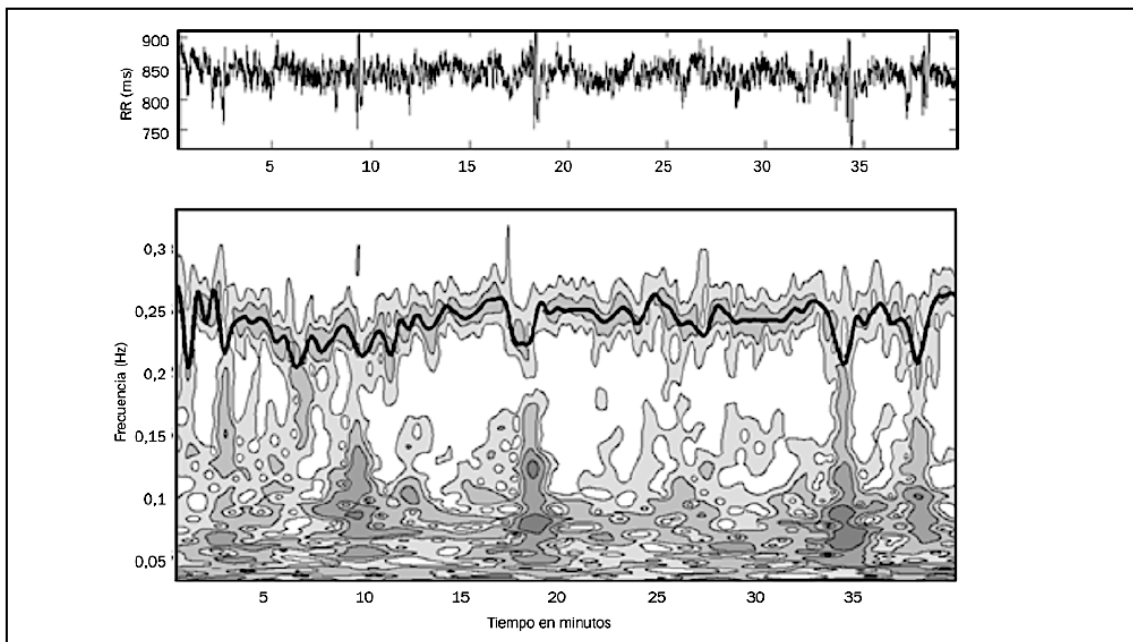
El investigador debe seleccionar el tipo de wavelet que sea más apropiada a la señal que está utilizando.

- Transformada Wavelet Discreta (TWD). Se obtiene mediante la descomposición de una serie temporal en otras señales correspondientes a zonas distintas del espectro de frecuencias. Esto permite identificar a lo largo del espectro fenómenos locales y patrones de autosemejanza. La función original se puede obtener mediante la suma del análisis de cada zona. Su importancia radica en que permite descomponer la señal globalmente en distintas señales ortogonales, las cuales tienen información de las distintas bandas de frecuencia pero que no dejan de tomar en cuenta la evolución temporal de las descomposiciones. De esta forma, es posible realizar análisis de varianza, detectar patrones fractales, descartar zonas con comportamientos anómalos, etcétera. Igualmente permite eliminar componentes de muy baja frecuencia (desestacionalizar), eliminar componentes de muy alta frecuencia (filtrar/suavizar), obtener buenos ajustes o suprimir el ruido (artefactos) que no resulta de interés en la señal de objeto de estudio.
- Transformada Wavelet Continua (TWC). Permite identificar cambios temporales de modos dominantes de variabilidad.

La figura 9 presenta una señal cardíaca en reposo. El eje Y muestra la frecuencia representada en Hz, mientras que el eje X representa el tiempo (40 minutos). La energía de la señal (en modo frecuencia) se representa en escala de grises, indicando las bandas de frecuencia que se encuentran entre 0.02 y 0.040 hercios.

### Figura 9

*Señal ECG bajo un filtro de TWC*



*Fuente:* García (2013).

La TWC permite observar la frecuencia en función de las variables frecuencia y tiempo, así como su densidad de energía llamada escalograma. Es una representación gráfica de tipo bidimensional. No es recomendable utilizarla en series temporales largas, ya que su cálculo es lento, requiere de mucha memoria del ordenador y puede llegar a generar información redundante (Barbosa, 2011; García, 2013).

### 2.5.3.5 Medidas no lineales

Se les puede calificar como medidas cualitativas. Miden estructura y/o complejidad de las series de intervalos R-R. Existen diversas técnicas de medidas no-lineales:

- Diagrama de Poincaré: También conocido como diagrama de dispersión. Los intervalos R-R son trasladados a un diagrama de dispersión bidimensional el cual forma una elipse en la que el diámetro longitudinal representa la desviación a largo plazo de la FC y el diámetro transversal representa los cambios de la FC. Las desviaciones estándar de estos diámetros permiten conocer los cambios espontáneos y a largo plazo de la VFC. Los puntos salientes de la elipse pueden representar arritmias o artefactos. La forma de la elipse permite conocer el grado de estrés o relajación física y psicológica. Entre más alargada y grande mayor relajación, entre más pequeña y redondeada mayor estrés (Rodas *et al.*, 2008b; Laborde *et al.*, 2017).
- Power Law Slope: Se representa mediante un diagrama logarítmico. El eje vertical representa la amplitud y el horizontal la frecuencia. La pendiente de la curva genera el parámetro a estudiar. Valores bajos en esta medida representan riesgo de morbi-mortalidad (Rodas *et al.*, 2008b).
- Heart Rate Turbulence: Evalúa la perturbación en los intervalos R-R cada 5 latidos. Los valores bajos representan un riesgo de morbi-mortalidad (Rodas *et al.*, 2008b).

Dado que el SNA se caracteriza por un tener un funcionamiento errático y complejo, algunos investigadores refieren que resulta mejor realizar análisis de tipo no-lineal ya que resultan mucho más adecuados para el cálculo de la VFC. No obstante, debido a que son métodos nuevos y con poca validación es necesario utilizarlos únicamente como indicadores complementarios (Laborde *et al.*, 2017).

## Cuadro 9

### Parámetros no-lineales

Método	Parámetro	Unidades	Descripción	Origen fisiológico y significado funcional
No lineales	SD1, SD2	ms	Desviación estándar transversal (SD1) y longitudinal (SD2) en el diagrama de Poincaré.	Orígenes fisiológicos inciertos. SD1 representa cambios rápidos y de alta frecuencia en la VFC. SD2 representa cambios de largo plazo en la VFC.
	ApEn		Entropía aproximada.	Da idea sobre el grado de irregularidad o aleatoriedad.
	Sampen		Entropía de la muestra.	
	D2		Dimensión de correlación.	
	DFA		Análisis de fluctuación de tendencia (Detrended fluctuation analysis).	Análisis de tipo fractal encargado de descomponer la señal en intervalos de tiempo. Los valores normales en personas sanas tienden a 1, lo cual significa una alta variabilidad. Personas con patologías cardíacas tienden a niveles menores o mayores a 1, lo cual señala alta regularidad.
	- $\alpha 1$		Pendiente de fluctuación a corto plazo.	
	- $\alpha 2$		Pendiente de fluctuación a largo plazo.	
	RPA		Análisis de diagrama de recurrencia:	
	Lmean	beats	Longitud media de línea.	
	Lmax	beats	Longitud máxima de línea.	
	REC	%	Frecuencia de recurrencia.	
	DET	%	Determinismo.	
	ShanEn		Entropía de Shannon.	

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis, adaptado de: Ruíz (2009); Fernández (2012); Brisinda *et. al.*, (2015).

Otro tipo de clasificación es la expuesta por Barbosa (2011) y García (2013) en la cual se agregan más métodos de análisis, especialmente en los de tipo no-lineal:

### 1. Métodos lineales:

#### *Dominio tiempo:*

- Métodos estadísticos: SDNN, SENN, SDSD, RMSD, NN50(%), pNN50.
- Métodos geométricos: Índice triangular R-R, TINN.

#### *Dominio frecuencia:*

- ULF, VLF, LF, HF, VHF, UFF., Ratio LF/HF, Ratio HF/LF.
- Transformadas de Fourier (FT, STFT).
- Modelos autoregresivos (AR).

#### *Dominio tiempo frecuencia:*

- Análisis wavelet:
  - Transformadas wavelets continuas.
  - Transformadas wavelets discretas.
- Filtered Derivate with p-Value (FDpV).
- Integrated Pulse Frequency Modulation (IPFM).
- Time-varying threshold Integral pulse frequency modulation (TVIPFM).

### 2. Métodos no-lineales:

#### *Espacios de fase (análisis del atractor extraño):*

- Función de correlación e información mutua.
- Mapas de retorno.
  - Escatograma (Plot) de Poincaré.
  - Plot de Lorentz.
  - Recurrence Plots.
- Biespectro.

#### *Medición de complejidad (entropía):*

- Exponente de Lyapunov.

- Hausdorff dimension D.
- Entropía de Kolmogorov.
- Permutation entropy.
- Entropía aproximada (ApEn).
- Sample entropy (SampEn).
- Entropía multiescala 8MSE9.
- Dimensión de correlación.
- Dimensión de inmersión.

*Dimensión fractal:*

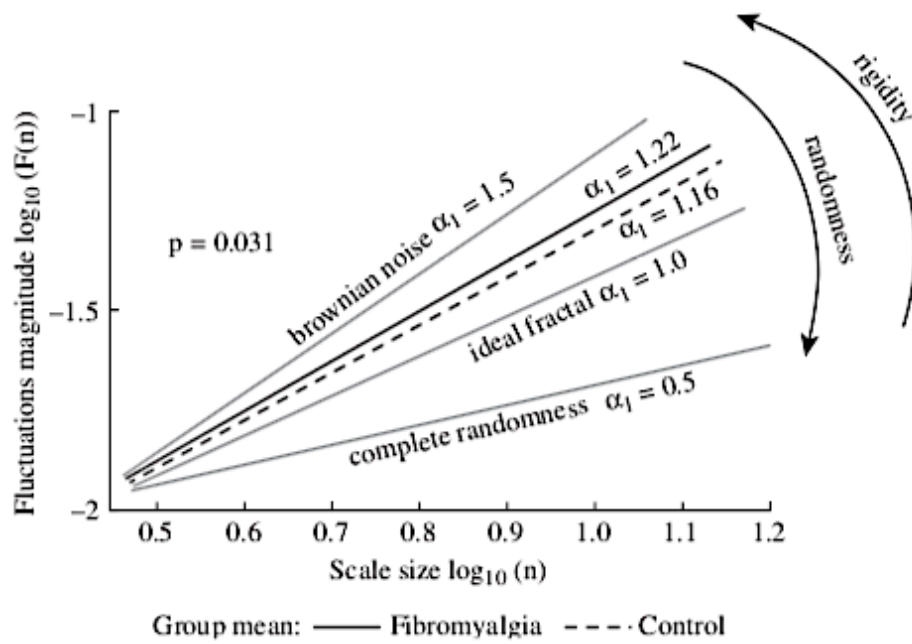
- Leyes de escala (Power Law).
- Detrended fluctuation analysis (DFA).
- Algoritmo de Higuchi.
- Algoritmo de Katz.
- Exponente de Hurst.
- Dinámica simbólica.

Resulta importante señalar que en el presente trabajo el único componente no-lineal medido fue el índice de fractalidad  $\alpha_1$  perteneciente a la dimensión DFA, el cual sirve para conocer el grado de regularidad o aleatoriedad de la VFC.

En la figura 10 se observa que los valores de  $\alpha_1$  por debajo de 1 implican mayor aleatoriedad, mientras que los superiores a 1 representan mayor regularidad o rigidez. Entre más alejados se encuentren los valores de 1, tanto de forma ascendente como descendente, menor será la VFC y consecuentemente menor nivel de salud general.

**Figura 10**

Representación gráfica del índice  $\alpha_1$



Fuente: Lerma *et. al.*, (2016).

Los principales parámetros utilizados en la presente tesis quedan expresados en el cuadro 12 (Cuadro 12. Variables de resultado).



### Capítulo 3. VFC y respuesta al estrés

El estrés, entendido como una respuesta fisiopatológica, involucra un aumento significativo de la activación fisiológica y cognitiva el cual posibilita a la persona con una percepción más amplia sobre el evento ante el que se encuentra, así como un procesamiento cognitivo más veloz de la información disponible y de sus probables estrategias de solución. En este sentido, el estrés es una respuesta adaptativa benéfica, no obstante, cuando es persistente y poco manejable comienza a tener efectos negativos. Castrillón y otros (Castrillón *et al.*, 2015) señalan que el estrés provoca una sobre-activación en tres niveles; fisiológico, cognitivo y conductual, sin embargo, también tiene un límite el cual depende de la frecuencia, intensidad y duración de la respuesta, así como de características individuales, hábitos de salud, factores sociales, familiares y creencias personales.

Largos periodos de estrés se relacionan con enfermedades crónicas debido a que perturban el funcionamiento fisiológico general y su capacidad homeostática, desembocando en respuestas conductuales poco favorecedoras (Castrillón *et al.*, 2015). Igualmente, se ha observado que un estrés crónico genera cambios comportamentales significativos que son capaces de provocar deterioro en la neuroplasticidad, el comportamiento y la cognición (Sancho, 2018).

Estudios de laboratorio sobre la influencia del estrés en la VFC han demostrado un aumento significativo de la FC, indicando cambios hacia la predominancia simpática, así como aumento en la conductancia de la piel, decremento en la temperatura corporal y cambios en el sistema renina-angiotensina (García, 2013; Brisinda *et al.*, 2015).

Así mismo, diversas investigaciones indican que los valores absolutos de FC no se pueden considerar como índice único para cuantificar el nivel de estrés. No obstante, debido a la facilidad de monitoreo en tiempo real y a su posterior análisis de variabilidad, su estudio continúa siendo muy ventajoso. De igual forma, se ha descubierto que el estrés adicional, como es el inducido por una estimulación

dolorosa o nociceptiva durante el estrés cognitivo, aumenta la FC, pero no provoca cambios significativos en los parámetros de la VFC (Brisinda *et al.*, 2015).

El estrés implica cambios en cuatro sistemas principales:

- 1) Eje simpático adrenal: producción de epinefrina y norepinefrina.
- 2) Eje hipotálamo-hipofiso-adrenal: producción de cortisol y catecolaminas.
- 3) Sistema renina-angiotensina: regula la presión sanguínea, el balance de sodio y potasio y el volumen extracelular.
- 4) En el SNA: aumento de la activación simpática aferente neuromuscular, FC y presión sanguínea.

Estas respuestas tienen una profunda relación con factores cognitivos, como la percepción de control de la persona, la búsqueda de soluciones y la ejecución de actividades que logren disminuir el riesgo (León-Regal *et. al.*, 2019).

Como tal, la respuesta al estrés tiene su origen en el sistema límbico, encargado de las emociones. Ante la percepción de una probable amenaza el sistema límbico envía señales al organismo para la respuesta de lucha o huida. De ahí la información se traslada al eje hipotálamo-hipofiso-adrenal y posteriormente a los sistemas endocrino (hipotálamo, hipófisis, glándula pituitaria, glándulas suprarrenales, páncreas, ovarios, testículos) y nervioso (Reynoso-Erazo y Ávila-Costa, 2014; Franco, 2015)

El hipotálamo regula todo el eje endócrino, sirve tanto de centro integrador del SNA como de funciones nerviosas (sueño, sed, hambre, emociones) (Franco, 2015). En el hipotálamo se da la producción de la hormona liberadora de corticotropina (CRH), ésta a su vez actúa sobre la adenohipófisis, que estimula la secreción de la hormona corticotropina (ACTH) la cual activa las glándulas suprarrenales (Rodríguez, 2008; Reynoso-Erazo y Ávila-Costa, 2014; León-Regal *et. al.*, 2019).

De igual manera, en el hipotálamo se da la producción de catecolaminas, específicamente noradrenalina y adrenalina. La noradrenalina es segregada en la

médula suprarrenal, el sistema límbico y el córtex cerebral, estimulando el proceso de atención y procesamiento de la información. Un aumento de noradrenalina implica mayor estrés físico y aspectos emocionales como ira y cólera. La adrenalina por su parte, se encarga de mantener la respuesta simpática. Su periodo de duración es breve, de 1 a 2 minutos, sin embargo, es capaz de realizar profundos cambios en el organismo: aumento de tensión muscular provocado por aumento en el glucógeno, aumento de la tensión arterial, volumen sistólico, resistencia cardiovascular, ritmo cardíaco y frecuencia respiratoria. Se encuentra estrechamente relacionada al aspecto emocional de la persona (Rodríguez, 2008; García, 2013).

De manera general, las catecolaminas en el plasma permiten elevar la FC, la contracción de vasos sanguíneos, el aumento de la presión arterial, la dilatación de las vías respiratorias, el incremento de oxígeno al cerebro, así como la liberación de glucosa y el incremento del flujo sanguíneo hacia el sistema músculo-esquelético (Rodríguez, 2008; García, 2013; Reynoso-Erazo y Ávila-Costa, 2014).

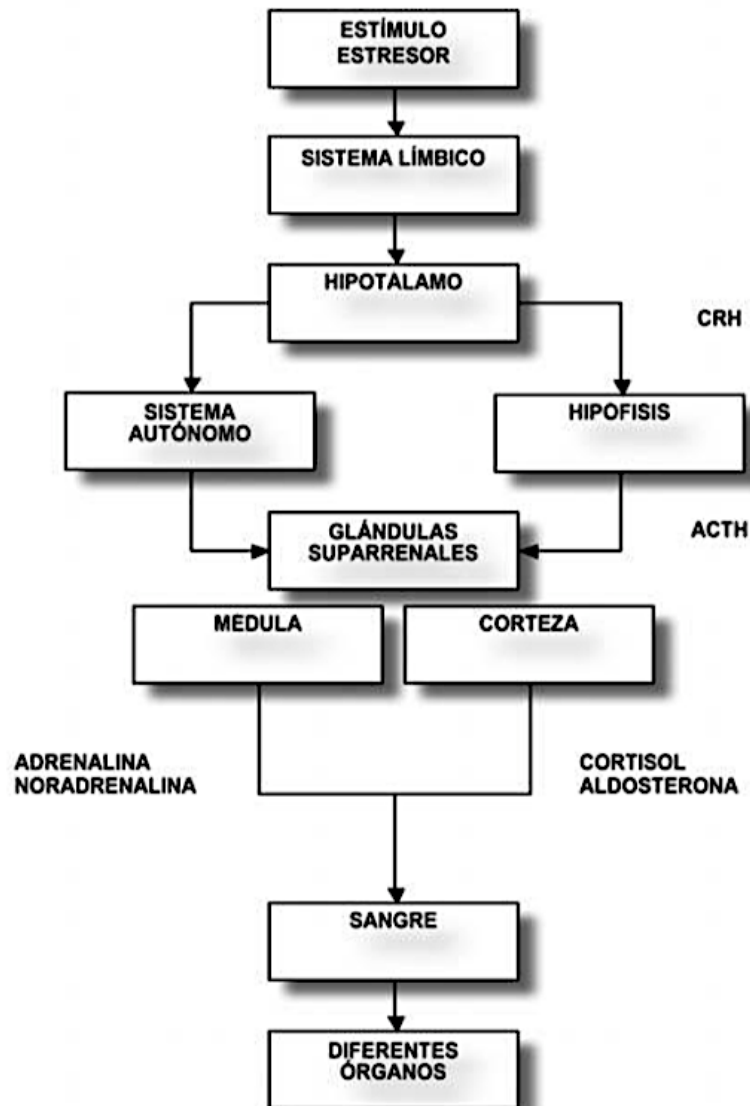
La segregación de una hormona específica varía en función del tipo de estrés. El estrés percibido como positivo y manejable produce adrenalina inhibiendo la producción de cortisol. Ante una situación de estrés negativo aumenta tanto la producción de cortisol como de adrenalina. El cortisol es capaz de mantener la presión arterial, el aumento de la concentración glucosa en sangre y beneficia el metabolismo de grasas, proteínas y carbohidratos. La aldosterona actúa en la conservación del sodio, ayudando a la eliminación de potasio e incrementando la presión sanguínea, dado que el exceso de potasio es desfavorable para la transmisión nerviosa. La eliminación de potasio facilita la anticipación en la respuesta (Floría, 2013).

Incrementos periódicos y de larga duración en los niveles hormonales de estrés tienden a producir cambios estructurales en los vasos sanguíneos, lo cual puede originar una enfermedad cardiovascular (Floría, 2013).

La figura 11 muestra un esquema sobre la activación del SNA ante estresores y sus consecuentes cambios a nivel químico.

**Figura 11**

*Diagrama de la respuesta fisiológica al estrés*



*Fuente:* Floría (2013).

### 3.1 Biomarcadores del estrés

Los biomarcadores se definen como un evento generado por un sistema biológico el cual permite realizar un diagnóstico sobre la condición de salud en un

individuo. Así mismo, permiten realizar predicción acerca de la esperanza de vida y el nivel de riesgo de una potencial enfermedad. Se clasifican en biomarcadores de exposición, de efecto y de susceptibilidad (Arango, 2012).

La VFC se clasifica como un biomarcador de efecto, ya que este tipo de evaluaciones se centran en alteraciones fisiológicas y de comportamiento que pueden ser asociadas a una enfermedad.

El cuadro 10 muestra una síntesis de los principales biomarcadores utilizados en los registros psicofisiológicos para la estimación del estrés cognitivo y físico.

### **Cuadro 10**

#### *Biomarcadores del estrés*

Biomarcador	Descripción
Alfa-amilasa salival	Representa la actividad del sistema simpático-adreno-medular. Las glándulas salivales cuentan con receptores beta-adrenérgicos estimulados por la norepinefrina, las cuales son un tipo de catecolaminas encargadas de regular la producción de amilasa, las cuales aumentan ante condiciones de estrés.
Arritmia sinusal respiratoria (ASR)	Es un índice de actividad vagal. Es el indicador de la carga de trabajo y del estrés mental más utilizado dado su nivel de confiabilidad. La ASR es el ritmo irregular que se manifiesta en la FC. La relación entre el ritmo cardíaco y las fases de respiración depende del volumen corriente y la frecuencia respiratoria. La inspiración aumenta la FC y reduce la VFC, mientras que la espiración reduce la FC y aumenta la VFC. Los mecanismos de la ASR son variados y no están totalmente determinados; regulación central, reflejo pulmonar, reflejos auriculares, mecanismo local en el nodo sinusal, control por barorreceptores arteriales, oscilaciones en quimiorreceptores. La normalidad funcional de los ritmos respiratorios es de 12-14 respiraciones por minuto.
Conductancia galvánica de la piel (GSC)	También llamada respuesta galvánica de la piel o actividad electrodérmica. Indicador fisiológico válido para medir el estrés, ya que cuenta con una amplia sensibilidad. A mayores niveles de estrés

	la respuesta galvánica desciende. Las glándulas sudoríparas ubicadas en las manos reflejan los efectos del estrés.
Cortisol salival	Hormona esteroidea o glucocorticoide. Es una hormona producida por las glándulas suprarrenales, las cuales están controladas por la hormona adrenocorticotropa (ACTH) a nivel de hipófisis. Influye en la actividad del SNC. Bajo condiciones de estrés su producción aumenta hasta 10 veces.
Frecuencia cardíaca (HR)	Número de contracciones cardíacas durante la unidad de tiempo.
Gasto cardíaco (CO)	Cantidad de sangre bombeada por minuto por cada ventrículo. Expresado en litros por minuto.
Hormonas suprarrenales	Las glándulas medulo-suprarrenales y corticosuprarrenales tienden a activarse durante situaciones de estrés, lo cual promueve la producción de hormonas como adrenalina, noradrenalina, cortisol y andrógenos.
Imagen térmica infrarroja	Técnica utilizada para monitoreo clínico y registro psicofisiológico capaz de detectar cambios de temperatura periférica relacionados a aspectos cognitivos, afectivos y conductuales. Esta técnica permite conocer la conducta facial voluntaria e involuntaria, así como medir estrés cognitivo y social.
Periodo de pre-eyección (PEP)	Periodo entre la onda Q de ECG y el cierre de la válvula aórtica. Se expresa en unidades de tiempo.
Presión sanguínea (BP) <ul style="list-style-type: none"> <li>● Presión Sanguínea Diastólica (DBP)</li> <li>● Presión Sanguínea Sistólica (SBP)</li> </ul>	<p>Presión ejercida por la sangre sobre las paredes de los vasos sanguíneos, expresada en kilopascales (kPa) o en milímetros de mercurio (mmHg). Se relaciona con la secreción de hormonas en las glándulas hipófisis y suprarrenales. Puede ser medida en diversas zonas periféricas lo cual permite conocer los cambios producidos por efecto del estrés. Es un indicador de estrés causado principalmente por factores psicosociales.</p> <p>Puede ser tomada tanto en la fase diastólica como sistólica.</p>

Resistencia periférica total (TPR)	Grado máximo de resistencia al flujo sanguíneo provocado por la constricción de los vasos sanguíneos sistémicos.
Seguimiento ocular (Eyetracking)	Proceso que determina el movimiento ocular y el punto hacia el cual mira la persona. Indica los momentos y tiempo de fijación (visión foveal). Útil para estimar la percepción visual, intención cognitiva, interés, así como el foco de atención. Funciona mediante cámaras de alta velocidad capaces de detectar el movimiento ocular, la frecuencia del parpadeo y dilatación de la pupila.
Temperatura periférica (PT)	Generada por la irrigación sanguínea de piel y músculos, se considera un índice de actividad simpática. Se expresa en grados centígrados o Fahrenheit. Se ha utilizado para la evaluación de procesos afectivos y cognitivos.
Tiempo de transmisión de pulso (PTT)	Tiempo que tarda la onda de pulso sanguíneo en alcanzar una zona periférica. Normalmente un dedo (PTF) o el lóbulo de la oreja (PTE). Ambos son índices de activación del simpático.
Volumen de pulso sanguíneo (BVP) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplitud de pulso en el dedo (FPA)</li> <li>• Amplitud de volumen de pulso sanguíneo (BVPA)</li> </ul>	El BVP, también llamado sensor de fotopleletismografía (PPG), realiza una estimación de la FC mediante el pulso sanguíneo. Se relaciona al SNA. <ul style="list-style-type: none"> <li>- La FPA mide la amplitud de onda del pulso sanguíneo a nivel distal. Indica activación simpática.</li> <li>- La BVPA mide la onda producida por el volumen de pulso sanguíneo.</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis, adaptado de: Ruíz (2009); Fernández (2012); García (2013); Alcázar (2018); Rodríguez-Medina y Domínguez-Trejo (2017); Sancho *et. al.*, (2018).

### 3.2 Estudios clínicos de la VFC y el estrés

El cuadro 11 presenta las principales investigaciones clínicas realizadas en los últimos años relacionadas a cambios en los índices de la VFC producidos por la exposición a distintos tipos de estresores.

## Cuadro 11

### Estudios clínicos relacionados a la VFC y al estrés

Nombre del artículo	Autores y datos de la revista	Población y muestra	Tipo de estudio	Objetivo	Índices de VFC usados	Maniobra o variable independiente	Resultados y conclusión
Autonomic adaption to clinical simulation in psychology students: teaching applications.	Clemente-Suárez <i>et. al.</i> , (2018).  Applied Psychophysiology and Biofeedback.	16 estudiantes en el segundo año de la licenciatura en psicología, entre 20 y 26 años, M = 22.68; SD = 6.23.	Diseño pre-experimental intra-sujeto.	Medir cambios en la modulación cardíaca autónoma a través de la VFC en estudiantes de psicología.	- MeanRR - LFnu - HFnu - pNN50 - RMSSD - SD2	Simulación de atención psico-terapéutica (45 minutos) en un hospital con pacientes que presentan diversas patologías. Se realizaron 3 sesiones.	- Decremento en valores de RMSSD, pNN50 y SD1. - No hubo diferencias significativas en LFnu, HFnu ni SD2. - Se dio un proceso de habituación, reduciéndose la activación del SNS conforme avanzaron las sesiones. - El entrenamiento en habilidades terapéuticas ayuda a reducir el nivel de estrés de los estudiantes.
Efecto del estrés mental sobre los índices de la VFC y la entropía aproximada.	Sánchez <i>et. al.</i> , (2012).  Revista de Psicología de la Salud.	60 voluntarios sanos entre 18 y 60 años escogidos por muestreo no-aleatorio y por conveniencia.	Diseño cuasi-experimental antes-después.	Describir el efecto del estrés en la VFC provocado por una tarea aritmética sencilla.	- MeanRR - ApEn - NN50 - LF - HF - LF/HF - VLF - SDNN	Tarea aritmética de sustracción de 7 en 7 unidades hacia atrás comenzando por el 900.	- Aumento en MeanRR. - Disminución del índice NN50. - Cambios estadísticamente significativo en LF y HF. - No hubo diferencias en LF/HF (cambios de balance simpático/vagal). -ApEn mostró tendencia a menor complejidad, pero sin significación estadística. -No hubo cambios significativos en subgrupos de hombres-mujeres.
Psychophysiological stress response of physiotherapy	Ramírez-Adrados <i>et. al.</i> , (2020).	110 estudiantes de fisioterapia voluntarios	Diseño pre-experimental antes-después.	Evaluar la respuesta al estrés y su respuesta	- HRmin - HRmax - HRmean - RMSSD	Presentación y defensa de tesis de fin de grado. Se	- Los valores de pNN50, RMSSD, SD1, SD2 y HFnu presentaron valores bajos, lo cual se relaciona a una larga



Nombre del artículo	Autores y datos de la revista	Población y muestra	Tipo de estudio	Objetivo	Índices de VFC usados	Maniobra o variable independiente	Resultados y conclusión
last year students in his final degree dissertation.	Physiology & Behavior.	presentando su defensa de tesis de fin de grado. 62 hombres, 48 mujeres, M = 25.3, DE = 3.77.		autonómica en estudiantes que presentan su tesis.	- pNN50 - LF/HF - LFnu - HFnu - SD1 - SD2	realizaron mediciones a lo largo de la defensa de tesis en 4 momentos diferentes (M1, M2, M3, M4).	activación simpática, misma que se mantuvo durante toda la defensa de tesis y solo disminuyó al finalizar. - Se muestra una ansiedad anticipatoria de larga duración que no genera habituación. - Después de la defensa de tesis la VFC incrementó.
Cardiovascular effects of brief mindfulness meditation among perfectionists experiencing failure.	Koerten <i>et. al.</i> , (2019).  Psychophysiology.	120 estudiantes universitarios con rasgos de personalidad perfeccionista.	Diseño experimental puro antes-después.	Medir la recuperación al estrés provocado por una tarea de fracaso ( <i>failure task</i> ) después de meditación en atención plena ( <i>mindfulness</i> )	- LF - HF - VLF - pNN50	Tarea cognitiva de fracaso Ejercicio en atención plena de 10 minutos Se realizaron 4 maniobras: línea base, estrés, meditación 1 y meditación 2.	- Ante la tarea de estrés se dio un decremento significativo de HF. - Incremento de pNN50 durante la meditación. - Solo los no-perfeccionistas demostraron una recuperación debida al mindfulness, por lo cual esta técnica no resulta útil para los perfeccionistas.
The effect of clinical simulation assessment on stress and anxiety measures in emergency care students.	Stein, C. (2020).  African Journal of Emergency Medicine.	36 estudiantes de medicina del área de cuidados intensivos.	Diseño experimental prospectivo con medidas repetidas.	Medir los efectos de estrés y ansiedad producto de una simulación clínica de cuidados intensivos.	- SDNN - RMSSD - HF - FC	Simulación clínica de cuidados intensivos. Caso de adulto (15-20 minutos). Caso pediátrico (20-30 minutos).	- Solo hubo cambios significativos en FC, no en SDNN, RMSSD ni HF. - Se sugiere que éstos tienen un valor mínimo para medir estrés en este tipo de contextos. - Se plantea que hubo aumento de la actividad simpática, mas no disminución de actividad parasimpática.
Could academic experience	Redondo-Flores <i>et. al.</i> , (2020).	82 estudiantes de biotecnología	Diseño experimental	Comparar la respuesta psicofisiológica	- HRMax - HRMean - RMSSD	Práctica de laboratorio medida en 4	- LB: No hubo diferencias. - M1: Valores altos de HRMean y LFnu y valores

Nombre del artículo	Autores y datos de la revista	Población y muestra	Tipo de estudio	Objetivo	Índices de VFC usados	Maniobra o variable independiente	Resultados y conclusión
modulate psychophysiological stress response of biomedical sciences students in laboratory?	Physiology & Behavior.	gía y farmacia divididos en grupo no experimentado (GNE) de primer año (N=53) y grupo experimentado (GE) de último año (N=29). M = 19, DE = 2.29.	puro antes-después.	gica al estrés entre GNE y GE realizando prácticas de laboratorio, antes, durante y después.	- pNN50 - LFnu - HFnu - LF/HF - SD1 - SD2	momentos: línea base (LB) y 3 maniobras (M1, M2 y M3).	bajos de RMSSD y SD2, consistentes con respuesta de ansiedad anticipatoria. - M2: hubo menor FC en GE. - M4: el GE tuvo valores significativamente mayores de SD1 y SD2, lo cual es consistente al proceso de habituación y al aumento parasimpático. - Se concluye que la ansiedad anticipatoria está tanto en GNE y GE, pero el GNE tiene menor habituación.
The influence of the sounds of crying baby and the sounds of violence on haemodynamic parameters and autonomic status in young healthy adults.	Tkaczyszyn <i>et. al.</i> , (2013).  International Journal of Psychophysiology.	65 adultos jóvenes y sanos (21 mujeres, 44 hombres) sin enfermedades crónicas, entre 18 y 35 años.	Diseño experimental puro antes-después.	Evaluar si los sonidos del llanto de bebé y de violencia afectaron los parámetros hemodinámicos y el SNA en adultos jóvenes sanos y las diferencias de reacción entre sexos.	- SDNN - RMSSD - NN50 - pNN50 - Triangular Index - LF - HF	2 estímulos: llanto de bebé y sonidos de violencia. 4 maniobras: 1) Descanso, 15 min. 2) 2 estímulos acústicos, 5 min. 3) Pausa, 4 min. 4) 2 estímulos acústicos, 5 min.	- Hubo valores similares durante la fase de descanso, tanto en mujeres como hombres. - En el estímulo de sonidos violentos hubo decremento en RMSSD, NN50, pNN50 y HF. Las mujeres presentaron menor decremento. - El estímulo de bebés llorando redujo más los valores de VFC en mujeres que en hombres. - De forma global, las mujeres mostraron mayor actividad parasimpática que los hombres.
Anxiety sensitivity moderates the subjective	Wearne <i>et. al.</i> , (2019).	58 estudiantes de licenciatura (32 mujeres, 26 hombres)	Diseño experimental puro antes-después.	Identificar si la sensibilidad a la ansiedad	- SDNN - LF - HF	Procedimiento Trier Social Stress Test (TSST).	- No hubo cambios en SDNN en ninguna fase. - No hubo cambios de VFC de línea base a anticipación.

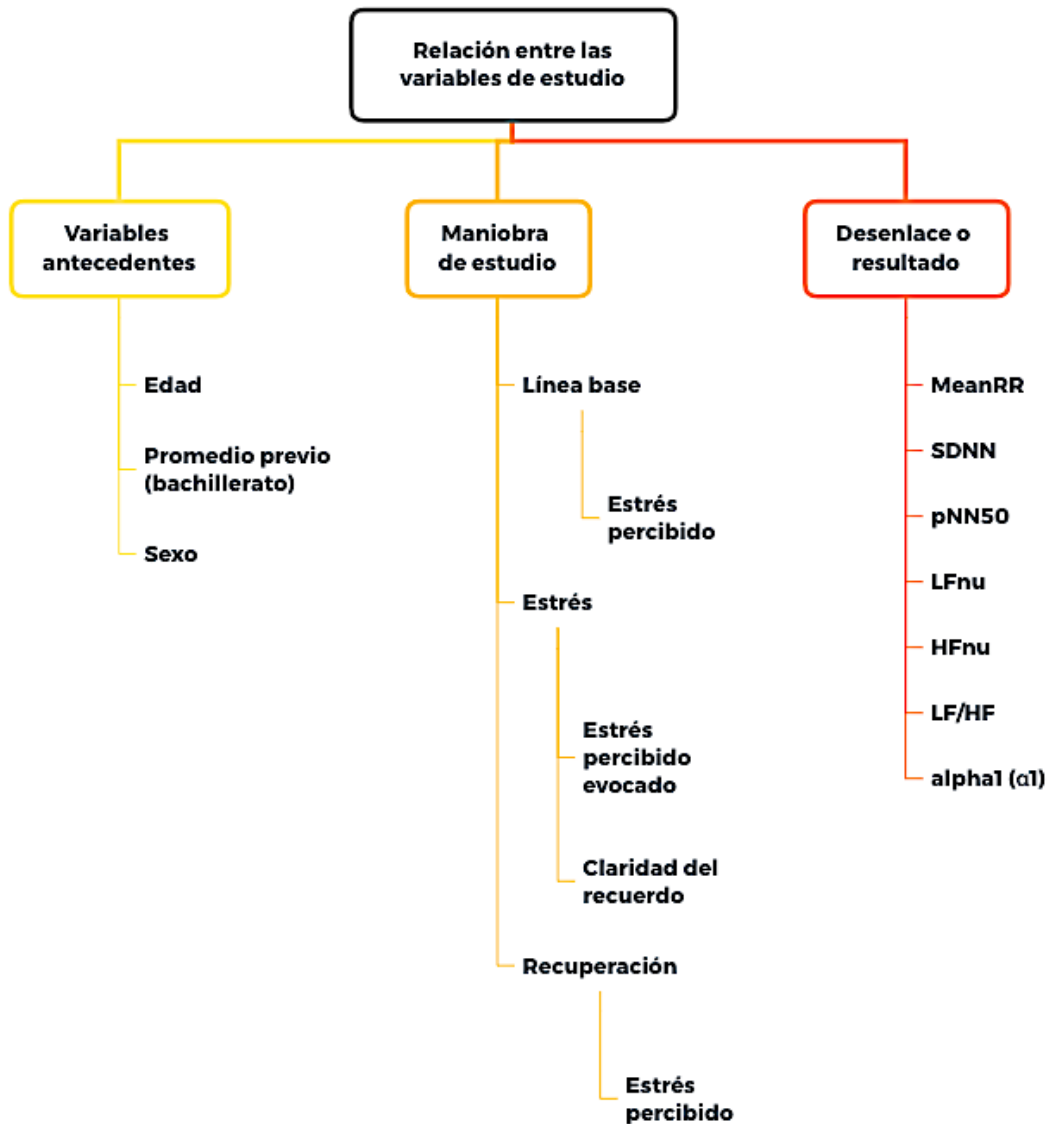
Nombre del artículo	Autores y datos de la revista	Población y muestra	Tipo de estudio	Objetivo	Índices de VFC usados	Maniobra o variable independiente	Resultados y conclusión
experience but not the physiological response to psychosocial stress.	International Journal of Psychophysiology.	con sensibilidad a la ansiedad baja y alta, de 18 a 58 años (M=22.24), sin condiciones clínicas previas.		modula la experiencia fisiológica y subjetiva del estrés psicosocial agudo.		Línea base, 5 min. Anticipación, 10 min. TSST (estrés), 10 min. Recuperación 1 y 2, 10 min. cada una.	- Aumento significativo de LF durante la fase de estrés y de estrés a recuperación. - Reducción de HF de línea base a estrés, retomando sus valores en recuperación 1 y 2. - El estrés psicosocial genera actividad fisiológica. Mayor sensibilidad a la ansiedad provoca más emociones negativas (ira y tensión).
Buccal telomere length and its associations with cortisol, heart rate variability, heart rate and blood pressure responses to an acute social evaluative stressor in college students.	Woody et. al., (2017). The International Journal on the Biology of Stress.	77 estudiantes universitarios sanos, 40 hombres, 37 mujeres. (M=19.82).		Identificar la relación entre la duración de los telómeros bucales y la reactividad fisiológica (cortisol salival, VFC, FC, presión sanguínea) ante el estrés cognitivo.	- RMSSD - FC	Versión modificada del TSST (estresor aritmético y exposición de un discurso). 3 condiciones de estrés de 5 min. cada una. Recuperación, 10 minutos.	- Existe asociación entre el parámetro RMSSD y la duración de telómeros. - No hubo asociación entre la FC y la duración de telómeros. - El estrés acorta la duración de los telómeros bucales. - La reducción de actividad vagal se relaciona a duración menor en telómeros, así como mayor producción de cortisol y mayores valores de FC, presión sanguínea y menores en RMSSD, lo cual se traduce como mayor envejecimiento celular.

*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis.

Por lo tanto, partiendo de la revisión de literatura que se describió a lo largo del marco teórico y de las condiciones reales del estudio, se ha sugerido incluir las variables que se muestran en la figura 12, donde se observa que la maniobra puede o no modificar el efecto o resultado, motivo principal del planteamiento del problema que se definirá más adelante.

**Figura 12**

*Relación entre las variables de estudio*



*Fuente:* Elaboración del autor de la presente tesis.

## **Capítulo 4. Planteamiento del problema**

### **4.1 Justificación**

Actualmente se reconoce al estrés como una de las enfermedades con mayor incidencia tanto a nivel global como en población mexicana, por lo cual resulta importante identificar y comprender cuál es la probable influencia que éste tiene dentro de la formación educativa de los jóvenes de Hidalgo, así como conocer las implicaciones de este factor en el desarrollo académico y personal de los alumnos, y cómo puede llegar a perjudicar o a mejorar su tránsito durante la universidad, ya que como se ha mencionado con antelación, una gestión adecuada del estrés permite la consecución efectiva de objetivos y metas propias del contexto universitario.

Se sabe que el estrés es una respuesta adaptativa de la persona, ya que ayuda a anticipar y prevenir situaciones de riesgo. Sin embargo, cuando el estrés se vuelve una condición crónica puede afectar la salud de diferentes maneras, generando múltiples complicaciones, tanto a nivel emocional y psicológico como físico, aumentando así el nivel de vulnerabilidad del sujeto y el riesgo de padecer trastornos alimenticios, sedentarismo, problemas de sueño, trastornos de conducta y padecimientos psicosomáticos entre otros. Aunque los efectos del estrés en el sistema cardiovascular son múltiples, nos limitaremos a analizar únicamente la relación de éste con la VFC.

El estrés es altamente incidente en diversas enfermedades. Es atribuido tanto a los estímulos causales como a sus consecuencias y efectos generados en la salud. Se considera como una respuesta biopsicosocial compleja, natural y de respuesta ante situaciones de peligro, ante el cual se despliegan recursos, habilidades y estrategias de afrontamiento que pueden resultar funcionales o disfuncionales.

Existe un creciente interés científico en el estudio de este tema, debido a que las consecuencias del estrés provocan desajustes sociales considerables, sin

distinción de grupo social, estatus, edad o sexo. Padecimientos como enfermedades cardíacas, gastrointestinales, asma, diabetes, obesidad y depresión están altamente asociados al estrés.

Actualmente uno de los indicadores con mayor relevancia para identificar el estrés y su consecuente implicación en la actividad autonómica nerviosa es la VFC. La VFC se describe como un método que permite identificar las variaciones entre los latidos del corazón, proceso que se encuentra determinado por el sistema nervioso autónomo, el sistema respiratorio y el sistema cardiovascular. Al presente se reconoce que entre mayor variación en intervalos de latidos cardíacos existe una mejor salud física y mayor regulación del estrés. En términos reales, este campo abre nuevas posibilidades dentro de los centros educativos para la investigación y la aplicación de recursos tecnológicos con miras al mejoramiento de la salud emocional.

Debido a esto, el conocimiento de la VFC como biomarcador resulta de amplia importancia ya que permite obtener una perspectiva general sobre el estado de salud de la persona y la forma en la cual es capaz de adaptarse a situaciones estresantes, como es el caso de la incorporación del estudiante a un ambiente universitario. Este evento resulta determinante a nivel personal, ya que pueden surgir diversos tipos de problemáticas tanto sociales, económicas, emocionales y educativas.

Por estos motivos, este tipo de investigaciones suponen un gran beneficio comunitario, ya que permiten formular programas de intervención más específicos y con amplia evidencia que contribuyan al tratamiento sobre problemáticas de estrés y ansiedad. Esto representaría un mejoramiento de hábitos de salud en población universitaria, así como una potencial disminución en cuanto a deserción escolar, adicciones, trastornos de alimentación y demás problemáticas derivadas del mal manejo del estrés, programas que pudieran hacerse extensivos a la población en general.

## **4.2 Pregunta de investigación**

¿La variabilidad de la frecuencia cardiaca se modifica en respuesta al estrés cognitivo evocado por un recuerdo estresante en estudiantes universitarios de nuevo ingreso de la Carrera de Psicología?

## **4.3 Objetivos**

### **4.3.1 Objetivo general**

Determinar la respuesta de la VFC ante el estrés cognitivo evocado por un recuerdo estresante en estudiantes universitarios de la carrera de psicología de una universidad pública mexicana.

### **4.3.2 Objetivos específicos**

1. Medir las respuestas fisiológicas asociadas al estrés en los alumnos de nuevo ingreso de la Licenciatura en Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, generación julio-diciembre 2016, a partir del dispositivo de biorretroalimentación en tiempo real de 8 canales ProComp Infiniti Biograph (Thought Technology Ltd, 2003).
2. Medir la percepción del estrés mediante autoreporte (Anexo 3. Hoja de registro de datos.).
3. Identificar la relación entre el cambio en la VFC y el estrés percibido.
4. Identificar la asociación entre el cambio en la VFC y el estrés cognitivo evocado.

#### **4.4 Hipótesis.**

##### **4.4.1 Hipótesis conceptual**

La variabilidad de la frecuencia cardiaca se modifica en respuesta al estrés cognitivo evocado mediante un recuerdo estresante en estudiantes universitarios de nuevo ingreso de la Licenciatura de Psicología.

##### **4.4.2 Hipótesis estadística**

$H_0$  No existe modificación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca ante el estrés cognitivo evocado por un recuerdo en los estudiantes universitarios de nuevo ingreso a la Licenciatura de Psicología.

$H_1$  Existe modificación de la variabilidad de la frecuencia cardiaca ante el estrés cognitivo evocado por un recuerdo en los estudiantes universitarios de nuevo ingreso a la Licenciatura de Psicología.



## Capítulo 5 Método

### 5.1 Variables

*Variable predictora:*

Estrés.

*Variable a predecir:*

Variabilidad de la frecuencia cardíaca.

#### Definición de variables.

Definición conceptual y operacionalización de las variables de resultado:

#### Cuadro 12

*Definición conceptual y operacional de las variables del estudio*

Variable	Estrés cognitivo evocado	Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)
Definición conceptual	Proceso general de adaptación a las situaciones que vivimos, en el cual tenemos que responder a las demandas del ambiente con recursos biológicos, psicológicos y conductuales, que a veces resultan escasos. Cuando la demanda del ambiente es excesiva va a dar lugar a desarrollar reacciones adaptativas, de movilización fisiológica. Esta reacción de estrés incluye una serie de reacciones emocionales negativas como ansiedad, ira y depresión (Cano-Vindel, 2010).	La VFC es un método no invasivo de evaluación de la respuesta cardíaca autonómica que sirve para determinar las diferencias de intervalos latido-a-latido o R-R en un tiempo determinado. Permite conocer el equilibrio existente entre el SNS y SNP. Su función principal es mantener la homeostasis del organismo. Su obtención se logra mediante un ECG el cual registra el nivel de despolarización del tejido cardíaco. Una VFC reducida se relaciona a patologías mientras que una VFC alta tiene una correlación positiva con una buena recuperación al estrés (Torres, 2017; Román, 2018; Martínez y López, 2019).
Definición operacional	Autoreporte verbal del sujeto de estudio mediante evocación subjetiva del estrés. Fue determinado mediante potenciales de evocación sobre el recuerdo más estresante que la	Puntaje de los sujetos obtenido por medio del dispositivo de retroalimentación biológica en tiempo real ProComp Infiniti Biograph (Thought Technology Ltd, 2003).  Unidad de medida:

Variable	Estrés cognitivo evocado	Variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC)
	persona haya experimentado en toda su vida.	Intervalos R-R.
Tipo de variable y escala	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuantitativa discreta.</li> <li>- Escala: Intervalar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuantitativa continua.</li> <li>- Escala: Razón.</li> </ul>
Parámetro de medición	<p>Puntuación autoreportada en escala de 1 a 10 en cada una de las tres maniobras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Línea base</li> <li>- Estrés</li> <li>- Recuperación</li> </ul> <p>correspondiendo 1 a la intensidad mínima de estrés y 10 a la máxima intensidad.</p>	<p>MeanRR: Media de los intervalos R-R. Representa la FC en ms.</p> <p>SDNN: Desviación estándar de las diferencias entre intervalos R-R adyacentes en ms.</p> <p>pNN50: Porcentaje de los intervalos R-R consecutivos que difieren en 50 ms entre sí, dividido por el número total de los intervalos R-R.</p> <p>LFnu (Low frequency): Frecuencias bajas (0.04 a 0.15 Hz) en unidades normalizadas.</p> <p>HFnu (High frequency): Frecuencias altas (0.15 a 0.40 Hz) en unidades normalizadas.</p> <p>LF/HF: Proporción entre los poderes de las bandas LF y HF.</p> <p>alpha-1 (<math>\alpha_1</math>): Pendiente de fluctuación a corto plazo. Análisis de tipo fractal encargado de descomponer la señal en intervalos de tiempo.</p>

Definición conceptual y operacionalización de las variables sociodemográficas:

### Cuadro 13

#### *Variables sociodemográficas y académicas*

Variable	Edad	Sexo	Claridad del recuerdo estresante	Promedio general del bachillerato
Definición conceptual	Intervalo transcurrido entre la fecha de nacimiento y la fecha de la entrevista. Expresada en	Características biológicas que definen a un ser humano como hombre o mujer.	Proceso de memoria que permite al sujeto recuperar información sobre alguna experiencia o	Promedio total de las calificaciones en las materias curriculares que el alumno obtuvo

Variable	Edad	Sexo	Claridad del recuerdo estresante	Promedio general del bachillerato
	años solares completos.		situación del pasado con alta carga estresante.	durante el bachillerato.
Definición operacional	Dato obtenido a través de una hoja de datos socio-demográficos. El instrumentador colocó la edad de la persona.	Dato obtenido a través de una hoja de datos socio-demográficos. El instrumentador marcó la opción de hombre o mujer según correspondiera.	Auto reporte verbal del sujeto de estudio en la que se expresó el nivel de claridad en la evocación subjetiva del estrés.	Dato obtenido a través de una hoja de datos socio-demográficos. El instrumentador colocó el promedio total del bachillerato de la persona.
Tipo de variable y escala	- Cuantitativa discreta - Escala: Razón	- Cualitativa - Escala: Nominal dicotómica.	- Cuantitativa discreta. - Escala: Intervalar.	- Cuantitativa discreta. - Escala: Ordinal.
Parámetro de medición	Años solares cumplidos	Mujer / Hombre	Puntuación auto reportada en escala de 1 a 10 únicamente en la maniobra de estrés, siendo 1 la claridad mínima del recuerdo y 10 la claridad máxima.	Promedio aprobatorio obtenido en el bachillerato, siendo 7 el mínimo y 10 el máximo.

*Nota:* Las variables sociodemográficas de edad y sexo fueron utilizadas únicamente con fines descriptivos acerca de la población de estudio.

## 5.2 Tipo de estudio y diseño

### Tipo de estudio

Pre-experimental, descriptivo, de comparación y correlacional.

### Diseño de investigación

Diseño pre-experimental de un grupo, antes-después.

G - O <sub>LB</sub> - X - O <sub>1</sub> - O <sub>2</sub>
---

O<sub>LB</sub>= Medición de la VFC, mientras los sujetos están en posición sedente de 90° con los ojos cerrados, sin estímulo de los investigadores.

X= Maniobra de estrés inducido mediante un recuerdo estresante y la calidad del recuerdo.

O<sub>1</sub>= Medición de los cambios en la VFC.

O<sub>2</sub>= Se les pidió a los sujetos que ya no pensarán en el recuerdo estresante y se les volvió a medir la VFC. Medición auto-reportada de la claridad de recuerdo estresante.

### **5.3 Participantes**

El estudio estuvo compuesto por 66 alumnos universitarios de nuevo ingreso de la Licenciatura en Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, generación Julio-Diciembre 2016, de los cuales 21 casos resultaron eliminados al no cumplir con los criterios de inclusión.

La muestra final, después de limpiar los registros, fue integrada por 45 participantes, 30 mujeres (66.7%) y 15 hombres (33.3%). El rango de edad fue de 18 a 23 años con una media de 19.1 ( $\pm$  1.7) años

#### **5.3.1 Muestra y tipo de muestreo**

El muestreo fue no probabilístico, por disponibilidad y casos consecutivos.

#### **5.3.2 Criterios de inclusión**

1. Sin comorbilidades crónicas reportadas.
2. Ser de nuevo ingreso a la licenciatura en psicología.
3. Otorgar y firmar el consentimiento informado (Anexo 2. Consentimiento informado).

### 5.3.3 Criterios de exclusión

1. Tabaquismo.
2. Alcoholismo.
3. Adicciones a sustancias

### 5.3.4 Criterios de eliminación

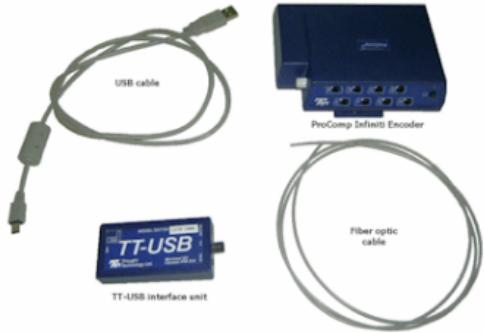
1. Señales electrocardiográficas mal registradas.
2. Abandono del estudio.

### 5.4 Instrumentos

- Equipo de biorretroalimentación Procomp Infiniti Biograph. Mide las siguientes señales fisiológicas:
  - Electrocardiograma (ECG)
  - Electromiograma (EMG)
  - Temperatura periférica
  - Volumen de Presión Sanguínea (HVP)
  - Respiración
- Cuestionario de reporte verbal.

### Cuadro 14

#### *Descripción del equipo de registro psicofisiológico*

Equipo	Características
	Equipo Procomp Infiniti Biograph de 8 canales (Thought Technology Ltd, 2003). Sistema de retroalimentación biológica y neuro-retroalimentación. Permite medir conductancia de la piel, ritmo cardíaco, pulso de volumen sanguíneo, respiración, goniometría, fuerza y temperatura.
Sensor ECG	Colocación corporal
	Características



Un electrodo ubicado en la línea medio-clavicular izquierda, otro en la derecha y uno más en el segundo espacio intercostal del borde esternal izquierdo. Sensor de ECG para registro de la actividad cardiaca y derivación de la VFC, así como del IBI.

---

### 5.5 Procedimiento

Se obtuvieron los permisos necesarios para efectuar la investigación en el Área Académica de Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Los alumnos fueron contactados una semana antes del inicio de clases. Les fue proporcionada una plática explicándoles las características del estudio. Su participación fue voluntaria. La muestra estuvo conformada por alumnos de los 4 grupos de psicología, turnos matutino y vespertino. El registro fue realizado durante la primera y segunda semana de clases, para así medir únicamente estrés cognitivo, ya que posterior a este tiempo se consideraría como estrés académico.

Posteriormente, se realizó la medición de 66 alumnos de nuevo ingreso a la carrera de psicología de la UAEH. Se utilizó equipo de registro psicofisiológico ProComp Infiniti Biograph tomando mediciones electrocardiográficas bajo 3 condiciones, aplicando potenciales de evocación de estrés en la segunda condición. Toda vez que los 66 participantes fueron evaluados se realizó la extracción y limpieza de las señales ECG mediante software QRSTool y Kubios HRV los cuales fueron analizados con SPSS Statistics.

La evaluación fue efectuada durante la mañana, entre las 8 y las 11 AM. Se les pidió a los participantes asistir en ayunas y no haber ingerido bebidas alcohólicas, energéticas ni cafeína el día previo. El registro se realizó en un laboratorio de psicofisiología acondicionado con los elementos necesarios para el estudio: luz tenue y temperatura estable, procurando evitar cualquier tipo de

interrupción o ruido. La duración total del registro por persona fue de aproximadamente 30 minutos.

El perfil de estrés se dividió en 3 maniobras: línea base, inducción de maniobra cognitiva de estrés evocado y recuperación. Cada fase tuvo una duración de 5 minutos y un intervalo aproximado de 1 minuto para obtener los datos correspondientes al auto reporte (Anexo 3. Hoja de registro de datos.), así como para dar instrucciones sobre la siguiente fase.

Durante la instrumentación (colocación de sensores y electrodos) los participantes se encontraban en posición sedente de 90°. Tuvo una duración aproximada de 5 minutos. Se le pidió a la persona que se retirara objetos metálicos y teléfono celular para evitar toda interferencia con el registro. Se realizó una preparación de la piel, limpiando con alcohol zonas del pecho y remoción de vello corporal en caso de que fuera necesario. Posteriormente se procedió a la derivación de las extremidades mediante 1 electrodo ubicado en la línea medio-clavicular izquierda, otro en la derecha y uno más en el segundo espacio intercostal del borde esternal izquierdo. Una vez finalizada la instrumentación se verificó en la computadora que la señal se estuviese registrando correctamente y se dio una breve explicación al participante sobre la información que aparecía en la pantalla. Al finalizar el registro se removieron cuidadosamente los electrodos utilizando torundas impregnadas con alcohol.

#### *1er maniobra.*

Se le pidió a la persona que se mantuviera sentada, sin cruzar las piernas ni pies, con las manos apoyadas sobre los muslos, en una postura erguida pero relajada. A continuación, se le dijo que estuviera 5 minutos con los ojos cerrados y que tratará de no pensar en nada. Debía indicar cuando estuviera lista para comenzar el registro. Una vez concluida la primera fase se le pidió que abriera lentamente los ojos y que dijera cuánto estrés había sentido en una escala de 1 a 10, información que fue registrada en el cuestionario de autoreporte.

### *2da. maniobra.*

Se le pidió a la persona que permaneciera en la misma postura, con los ojos cerrados, pero esta vez se le indicó que tratara de evocar el evento más estresante que haya experimentado en toda su vida. Podía tratarse de un evento pasado, presente o con probabilidad de ocurrencia futura. Podía ser un estresor de cualquier tipo: personal, familiar, escolar, de pareja, de trabajo o algún otro, la única condición a cumplir era que fuese lo más estresante que haya experimentado. Se le dijo que tratara de recordar ese momento y que cuando lo tuviera bien definido le indicara al instrumentador para dar inicio al registro. Esta maniobra duró 5 minutos.

Una vez concluida la segunda fase se le pidió que abriera lentamente los ojos y que dijera cuánto estrés había experimentado en una escala de 1 a 10. Se le leyeron las preguntas contenidas en el auto reporte.

### *3er. maniobra.*

Se le pidió a la persona que permaneciera en la misma posición con los ojos cerrados, pero que esta vez tratara de no pensar en nada. Al finalizar los cinco minutos se le pidió que abriera lentamente los ojos explicándole que la prueba había finalizado. Posteriormente se le preguntó cuánto estrés había sentido en una escala de 1 a 10 y se procedió a retirar los sensores en un tiempo de 3 minutos aproximadamente.

## **5.6 Aspectos éticos**

La presente investigación califica como de riesgo mínimo debido al estrés evocado y porque no tiene procedimientos invasivos y se realizó bajo los principios éticos de respeto, justicia y beneficencia estipulados en las Pautas Éticas Internacionales para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos, así como la Declaración de Helsinki revisada en Brasil, 2013.

Todos y cada uno de los participantes tuvieron una explicación previa sobre las características del estudio, la inocuidad de los procedimientos que habrían de



realizarse y los objetivos de la investigación, así como el resguardo de su información personal y la confidencialidad de sus resultados. Bajo común acuerdo, dicha aclaración fue aprobada por los participantes mediante la firma de un consentimiento informado (Anexo 2. Consentimiento informado.), con la posibilidad de retirarse del experimento por voluntad propia.

## **5.7 Recursos y materiales**

### *Recursos materiales*

- Laboratorio de Psicofisiología en el Instituto de Ciencias de la Salud (ICSa) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Electroodos.
- Alcohol.
- Torundas.
- Cinta Micropore.
- Tijeras.
- Hojas blancas de papel.
- Fotocopias.
- Plumas y lápices.

### *Recursos humanos*

- Investigador principal: estudiante.
- Asesor del estudio: Investigador y asesor de tesis.
- Aplicadores, estudiantes de la licenciatura en psicología.
- Auxiliares técnicos y administrativos, estudiantes de la licenciatura en psicología y personal administrativo del área académica.

### *Recursos tecnológicos e informáticos*

- Computadora de escritorio.
- Equipo de registro psicofisiológico ProComp Infiniti (Thought Technology Ltd, 2003).

- Software para limpieza de señales QRSTool.
- Software de análisis de Kubios HRV.
- Software de análisis estadístico SPSS.

## Capítulo 6. Resultados

### 6.1 Análisis de los datos

Todos los datos se capturaron en Excel, se limpiaron y corrigieron errores de captura y se mudaron a una base de datos en el programa SPSS Statistics versión 15.0. La cantidad de participantes de cada sexo se describe como número de participantes y porcentaje. En las variables numéricas cuantitativas de tipo intervalar y de razón se verificó que su distribución es normal mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov (en todas las variables obtuvimos un valor de  $p > 0.05$ , excepto en el índice LF/HF el cual fue transformado mediante el logaritmo base 10). Los resultados de estas variables se presentan como promedio  $\pm$  desviación estándar. Los promedios de los valores obtenidos en cada uno de los 3 tiempos del estudio (basal, estrés y recuperación) se compararon mediante la prueba ANOVA para muestras repetidas con análisis post-hoc de comparación entre pares de grupos ajustado con el método de Bonferroni. El modelo general de ANOVA para muestras repetidas consistió en un factor de comparación intra-grupo de 3 niveles (tiempo del estudio) y no hubo factor de comparación entre grupos (ya que el estudio incluyó solo un grupo). La correlación entre las variables cuantitativas se evaluó mediante el análisis de correlación de Pearson. Se consideró como significativo un error alfa  $\leq 0.05$

### 6.2 Resultados

De un total de 66 alumnos de nuevo ingreso de la Licenciatura en Psicología de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo matriculados en Julio-Diciembre 2016, después de limpiar los registros, se analizaron finalmente un total de 45 (67% mujeres y 33% hombres), edad promedio 19.1 ( $\pm 1.7$ ) años.

La Tabla 1 presenta los niveles de significancia encontrados al comparar las 3 fases entre sí y los respectivos cambios de los índices de la VFC.

**Tabla 1***Puntuación de estrés percibido e índices de la VFC, evaluados en 3 tiempos*

Variable	Basal	Estrés	Recuperación	Valor p		
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Basal vs Estrés	Estrés vs Recuperación	Recuperación vs Basal
Estrés percibido (EP)	2.8 ± 1.9	5.9 ± 2.1	2.9 ± 2.3	<b>≤ 0.001</b>	<b>≤ 0.001</b>	1.000
MeanRR	788.0 ± 111.9	765.1 ± 104.3	795.9 ± 107.7	<b>≤ 0.001</b>	<b>≤ 0.001</b>	0.388
SDNN	43.2 ± 17.0	39.7 ± 15.9	45.0 ± 22.3	0.325	<b>0.002</b>	1.000
pNN50	23.7 ± 19.6	16.9 ± 16.1	20.3 ± 18.4	<b>≤ 0.001</b>	<b>0.008</b>	<b>0.007</b>
LFnu	42.4 ± 20.7	53.4 ± 18.0	49.4 ± 18.1	<b>≤ 0.001</b>	0.288	<b>0.002</b>
HFnu	57.5 ± 20.6	46.4 ± 17.9	50.5 ± 18.0	<b>≤ 0.001</b>	0.268	<b>0.002</b>
LF/HF	1.1 ± 1.3	1.7 ± 1.5	1.3 ± 1.2	--	--	--
Log <sub>10</sub> (LF/HF)	-0.15 ± 0.42	0.08 ± 0.35	-0.02 ± 0.36	<b>≤ 0.001</b>	0.170	<b>0.003</b>
alpha-1	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.3	0.080	1.000	0.098

Comparación de grupos mediante prueba ANOVA de medidas repetidas con ajuste de Bonferroni.

Los resultados de la Tabla 1 muestran que el estrés percibido (EP) aumenta durante la fase de estrés ( $p \leq 0.001$ ) y disminuye regresando al nivel basal durante la recuperación ( $p \leq 0.001$ ), por lo cual no existe diferencia respecto al nivel basal y la recuperación ( $p=1.000$ ). La claridad del recuerdo al final de la fase de estrés tuvo una media  $\pm$  desviación estándar de  $7 \pm 2$ .

El índice MeanRR (intervalo R-R promedio) disminuye (es decir, la frecuencia cardíaca promedio aumenta) durante la fase de estrés y regresa al nivel basal durante la recuperación ( $p \leq 0.001$ ), incluso con valores un poco más elevados.

El componente SDNN (variabilidad general) no cambia durante la línea base comparada contra la fase de estrés, pero sí aumenta durante la recuperación comparada contra con la fase de estrés ( $p=0.002$ ), es decir que aumenta la variabilidad regresando a valores basales.

Puede observarse que el pNN50 (la variabilidad de corto plazo o cambios rápidos) disminuyó durante la fase de estrés ( $p \leq 0.001$ ) y aumentó durante la fase de recuperación ( $p=0.008$ ), pero no recuperó los niveles basales ya que fueron más bajos ( $p=0.007$ ).

La activación medida mediante el LFnu (potencia en frecuencias bajas asociadas a la actividad simpática) aumentó durante la fase de estrés y no disminuyó durante la recuperación (siguió elevado respecto al basal) ( $p=0.288$ ).

El índice HFnu (la potencia en frecuencias altas asociadas a la actividad parasimpática) disminuyó durante la fase de estrés y no aumentó durante la fase de recuperación ( $p=0.268$ ).

El cociente LF/HF (refleja el balance simpático-parasimpático) aumentó durante el estímulo de estrés y no disminuyó durante la recuperación (en comparación con el estrés), y no regresó a valores basales ( $p=0.003$ ).

El índice alfa1 (índice de fractalidad que refleja el comportamiento dinámico o regularidad de la frecuencia cardíaca) no tuvo cambios significativos durante las 3 fases del estudio ( $p=0.080$ ,  $p=1.000$   $p=0.098$ ).

En la Tabla 2 se muestran las correlaciones encontradas de EP en las 3 fases de medición, así como la claridad del recuerdo y el promedio en bachillerato respecto a los índices de VFC en cada una de las fases.

Existieron correlaciones positivas entre el EP de línea base respecto al EP de estrés y EP de recuperación:  $0.538^{**}$ ,  $0.600^{**}$ , al igual que entre EP de recuperación respecto a EP de estrés:  $0.533^{**}$ .

Se dio una correlación positiva entre el EP de la fase estrés y la claridad del recuerdo:  $0.435^{**}$ , pero no hubo correlación entre la claridad del recuerdo y el EP en la línea base y la recuperación.

En cuanto a los índices de la VFC, hubo correlaciones inversas significativas entre el EP basal y el intervalo MeanRR de las tres fases de medición:  $-0.371^{*}$ ,  $-0.352^{*}$  y  $-0.423^{**}$ . También se presentaron correlaciones inversas significativas entre el EP durante la fase de estrés y el intervalo MeanRR en la fase de estrés:  $-0.309^{*}$  y en la fase de recuperación:  $-0.370^{*}$ . El estrés percibido durante la recuperación no tuvo correlación con el MeanRR en las tres fases.

Igualmente hubo correlaciones inversas significativas entre el EP de la fase de estrés y el SDNN de los 3 tiempos de medición: -0.382(\*\*), -0.401(\*\*), -0.459(\*\*). Adicionalmente hubo correlaciones inversas significativas del EP en fase de estrés con el pNN50 de línea base y de recuperación: -0.320(\*) y -0.367(\*).

No existió ninguna correlación significativa entre el EP de recuperación respecto a ninguno de los índices de VFC.

**Tabla 2**

*Correlaciones de Pearson del estrés percibido con los índices de la VFC evaluados en 3 tiempos*

Variables	1. EP Línea base	2. EP Estrés	3. EP Recuperación	Claridad del recuerdo	Promedio en bachillerato
1. EP Línea Base	1.000				
2. EP Estrés	<b>0.538**</b>	1.000			
3. EP Recuperación	<b>0.600**</b>	<b>0.533**</b>	1.000		
Claridad del recuerdo	0.218	<b>0.435**</b>	0.260	1.000	
Promedio en bachillerato	-0.089	-0.110	-0.225	-0.023	1.000
MeanRR Línea Base	<b>-0.371*</b>	-0.269	-0.100	-0.112	-0.106
MeanRR Estrés	<b>-0.352*</b>	<b>-0.309*</b>	-0.055	-0.146	-0.030
MeanRR Recuperación	<b>-0.423**</b>	<b>-0.370*</b>	-0.178	-0.213	0.010
SDNN Línea Base	-0.285	<b>-0.382**</b>	-0.276	-0.241	-0.170
SDNN Estrés	-0.209	<b>-0.401**</b>	-0.119	<b>-0.313*</b>	0.013
SDNN Recuperación	-0.258	<b>-0.459**</b>	-0.249	<b>-0.371*</b>	0.006
pNN50 Línea Base	-0.285	<b>-0.320*</b>	-0.232	-0.213	-0.104
pNN50 Estrés	-0.247	-0.283	-0.153	-0.227	-0.028
pNN50 Recuperación	-0.287	<b>-0.367*</b>	-0.268	<b>-0.326*</b>	-0.013
LFnu Línea Base	0.213	0.134	0.030	0.064	0.177
LFnu Estrés	0.111	0.144	-0.061	0.030	-0.016
LFnu Recuperación	0.191	0.143	0.022	0.036	0.052
HFnu Línea Base	-0.214	-0.136	-0.029	-0.063	-0.177
HFnu Estrés	-0.111	-0.143	0.060	-0.024	0.013
HFnu Recuperación	-0.191	-0.142	-0.022	-0.035	-0.052
Log <sub>10</sub> (LF/HF) Línea Base	0.215	0.148	0.036	0.074	0.156
Log <sub>10</sub> (LF/HF) Estrés	0.094	0.144	-0.057	0.016	-0.016
Log <sub>10</sub> (LF/HF) Recuperación	0.180	0.147	0.015	0.026	0.038
alpha-1 Línea Base	0.132	0.102	-0.034	0.077	0.102
alpha-1 Estrés	0.208	0.232	0.031	<b>0.326*</b>	-0.100
alpha-1 Recuperación	0.267	0.268	0.076	0.228	-0.142

\*\* La correlación es significativa al nivel 0.01 (2 colas).

\* La correlación es significativa al nivel 0.05 (2 colas).

La claridad del recuerdo tuvo correlación inversa significativa con el índice SDNN en estrés y en recuperación:  $-0.313(*)$  y  $-0.371(*)$ . Así mismo tuvo una correlación inversa significativa con pNN50 en recuperación:  $-0.326(*)$ . Por otra parte, la claridad del recuerdo tuvo una correlación positiva con alpha-1 en estrés:  $0.326(*)$ .

Finalmente, el promedio en bachillerato no tuvo correlación significativa con las demás variables del estudio.

## Capítulo 7. Discusión y conclusiones

Los resultados preliminares de la presente tesis fueron presentados en forma de póster presencial, durante el *LXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A. C.* (agosto 2019, Anexos 5 y 6). Los resultados reflejan que el estrés cognitivo produce una reactividad cardíaca en los tres tiempos de medición del estudio, afectando de manera global los índices de VFC, así como la percepción subjetiva de los participantes, resultados que son consistentes con los estudios revisados a lo largo del marco teórico y de las investigaciones clínicas. Dichos cambios fueron corroborados por medio de análisis tanto por métodos de dominio de tiempo (MeanRR, SDNN, pNN50), de dominio de frecuencias (LF, HF, LF/HF) como por métodos no-lineales (alpha-1).

Se observa que durante la fase de estrés hubo una activación simpática representada en el aumento del componente MeanRR, lo cual confirma los estudios previos (Sánchez *et al.*, 2012; Brisinda *et al.*, 2015; Clemente-Suárez *et al.*, 2018; Ramírez-Adrados *et al.*, 2020; Redondo-Flores *et al.*, 2020).

Respecto a los cambios de SDNN fue posible observar su disminución durante el recuerdo estresante, lo cual manifiesta que existió una mayor actividad de variabilidad (Brisinda *et al.*, 2015; Ortigosa *et al.*, 2018), pero que difiere con las investigaciones previas (Sánchez *et al.*, 2012; Tkaczyszyn *et al.*, 2013; Wearne *et al.*, 2019; Stein, 2020), ya que a pesar de que en estos estudios existieron cambios en este parámetro no resultaron ser significativos.

La disminución del índice pNN50 durante la fase de estrés, relacionada al tono vagal y a la variabilidad a corto plazo, es consistente con la revisión de la literatura, ya que se ha observado que ante situaciones de estrés tiende a disminuir (Clemente-Suárez *et al.*, 2018; Ramírez-Adrados *et al.*, 2020), mientras que en estados de relajación aumenta (Koerten *et al.*, 2019). Los resultados del presente estudio muestran que, a pesar de haber desaparecido la condición de estrés, este índice no logró recuperar sus valores iniciales, por lo cual no hubo una recuperación



total en los participantes. Podemos argüir que se requeriría mayor tiempo para la recuperación del estado basal en este índice.

En cuanto al índice LFnu, relacionado a la activación simpática (Reyes del Paso, *et al.*, 2013; López, López y Díaz, 2015; Brisinda *et al.*, 2015), se encontró que aumentó durante la fase de estrés y posteriormente disminuyó relativamente poco, lo cual indica que aun existía activación simpática o estrés en los participantes y que es consistente con los resultados mencionados anteriormente de pNN50. Los estudios clínicos han reportado que el índice LFnu generalmente no muestra cambios significativos durante el estrés (Clemente-Suárez *et al.*, 2018; Ramírez-Adrados *et al.*, 2020) en comparación con LF (Sánchez *et al.*, 2012; Wearne *et al.*, 2019), aunque esto puede deberse a cuestiones metodológicas, como el tipo de estresor, las condiciones de laboratorio o al tipo de población.

Los cambios de HFnu, asociada a la activación simpática y a la ASR (Reyes del Paso *et al.*, 2013; Nakayama *et al.*, 2018; García, 2013) expresan que la activación parasimpática decreció durante el estrés, lo cual es consistente con los estudios previos (Sierra *et al.*, 2017; Ramírez-Adrados *et al.*, 2020) y que a pesar de elevar sus valores en la recuperación no se logró alcanzar los valores iniciales. De igual forma se ha observado en los estudios clínicos que el parámetro de HFnu en comparación con HF muestra menores cambios significativos.

El cociente LF/HF no ha mostrado cambios significativos en las investigaciones clínicas (Sánchez *et al.*, 2012; Ramírez-Adrados *et al.*, 2020; Redondo-Flores *et al.*, 2020). En cambio, los resultados actuales señalan que tuvo mayor activación durante la fase de estrés y que a pesar de haber disminuido durante la recuperación no logró igualar los valores basales, lo cual es igualmente consistente con los índices de pNN50 y de LF y HF del presente estudio.

El índice alfa no presentó ningún tipo de cambio significativo en los tres tiempos de medición, no obstante, sí presentó correlaciones, las cuales serán detalladas más adelante.

En el mismo sentido, las correlaciones indican que la claridad del recuerdo es consistente con el EP durante la fase de estrés y no está influenciado por el EP en los otros momentos del estudio (línea base ni recuperación).

El nivel de estrés percibido basal, que es una variable subjetiva del estrés, tiene correlación con la MeanRR (frecuencia cardíaca media) en todos los momentos del experimento, es decir, las personas que perciben más estrés durante el inicio, consistentemente muestran un MeanRR más corto (o una frecuencia cardíaca más rápida) a lo largo de toda la prueba. El MeanRR por lo tanto, es una variable objetiva que probablemente refleja el estrés subjetivo a nivel fisiológico. De igual forma, se observó que el EP durante la fase de estrés influyó en la frecuencia cardíaca en la fase de estrés y de recuperación. Así mismo, el EP en la fase de recuperación, al no tener correlación con el MeanRR en ninguno de los tres tiempos, sugiere que éste no se refleja fisiológicamente en la frecuencia cardíaca.

Las correlaciones inversas significativas entre el EP de la fase de estrés y el SDNN de los 3 tiempos de medición señalan que existe una relación con la variabilidad total, es decir, a mayor nivel de estrés menor variabilidad. Aunque esto podría interpretarse como un mayor predominio simpático, la ausencia de correlación con los índices espectrales (LFnu, HFnu, LFnu/HFnu) señala que no es posible relacionar directamente el nivel de EP con la actividad simpática.

Adicionalmente hubo correlaciones inversas significativas del EP en fase de estrés con el pNN50 de línea base y de recuperación, lo cual representa que el nivel de EP durante el estímulo del estrés está relacionado con la variabilidad de corto plazo. Estos resultados se vinculan a lo encontrado anteriormente con el índice de SDNN, ya que mayor nivel de estrés implica menor variabilidad y de igual forma es posible interpretar esta correlación como una actividad parasimpática reducida, sin embargo, la falta de correlación con los índices espectrales antes mencionados (LFnu, HFnu, LFnu/HFnu) indica que no es posible relacionar directamente el nivel de estrés percibido con la actividad parasimpática o vagal del sujeto.

La claridad del recuerdo, que es una variable subjetiva, se asocia negativamente con la variabilidad general (SDNN) y la variabilidad de corto plazo (pNN50), por lo cual, no es posible relacionar la claridad del recuerdo con la actividad simpática o parasimpática directamente, debido a que no tuvo correlación con los índices espectrales (LFnu, HFnu, LFnu/HFnu).

Así mismo, la claridad del recuerdo tuvo una correlación positiva con  $\alpha_1$  en la fase de estrés. Esto sugiere que las personas que tuvieron recuerdos de mayor claridad, también tuvieron un comportamiento dinámico de la VFC más regular o rígido lo cual es consistente con los estudios realizados por Lerma y colaboradores (Lerma *et. al.*, 2016) y que se traduce como indicadores potenciales de un nivel menor de salud, es decir, un recuerdo estresante más vivido y que se mantenga por periodos largos, puede llegar a ser perjudicial a nivel cardíaco.

El promedio en bachillerato no tuvo correlación significativa con el estrés percibido, claridad del recuerdo o los índices de la VFC. Sin embargo, podría haber relaciones débiles (con coeficientes de correlación más bajos) entre el promedio de bachillerato con las variables estudiadas, pero se requeriría un tamaño de muestra mayor para que esas relaciones las observáramos como significativas.

En conclusión, los índices de la VFC se modifican en respuesta al estrés cognitivo mediante un recuerdo estresante en estudiantes universitarios, como se planteó en la hipótesis de investigación. Los cambios en la VFC ante el estrés cognitivo reflejan la capacidad de respuesta fisiológica en la modulación autonómica cardíaca en respuesta a un estímulo de estrés cognitivo evocado por un recuerdo negativo. Identificamos una relación entre el nivel de estrés percibido (que es una variable subjetiva) con la frecuencia cardíaca, que probablemente refleja el nivel de estrés fisiológicamente. Sin embargo, el nivel de estrés percibido no lo pudimos relacionar con la actividad simpática o parasimpática directamente.

## 7.1 Sugerencias y limitaciones

Las ventajas cardinales del presente estudio consisten en el uso de equipo de retroalimentación biológica para la adquisición de datos de manera precisa y confiable, lo cual representa un elevado nivel de objetividad, así como una amplia evidencia sobre el funcionamiento autonómico. Aunado a esto, también se incluye una valoración auto-perceptiva del estrés que permite conocer el factor subjetivo del participante y su propia capacidad de introspección.

Este tipo de disertaciones transdisciplinarias permiten un cambio paradigmático respecto al estudio de los fenómenos cognitivos, así como una integración global del funcionamiento psicofisiológico. De igual forma, implican un campo emergente dentro de la psicología, con la posibilidad de ser adaptado a diversas condiciones y protocolos de diagnóstico e intervención, así como a nuevas ramas de las ciencias de la salud, como lo es la cardiología conductual. De la misma forma, permiten proporcionar nueva información en torno a la psicología diferencial, estudios de personalidad y psicología del aprendizaje.

Un desarrollo posterior de programas de intervención basados en VFC posibilitaría el conocimiento sobre el nivel de efectividad de las técnicas de relajación antes expuestas, como es el caso específico de biofeedback, control de la respiración, detención del pensamiento y reestructuración cognitiva, ya que, al ser técnicas relacionadas a la respuesta psicofisiológica y cognitiva, permitirían influir directamente en los índices de VFC. Así mismo, este tipo de programas servirían de tratamiento coadyuvante en población de riesgo de padecer problemas cardíacos provocados por estrés.

Como limitaciones principales se tiene que, al ser un campo emergente que evoluciona de manera progresiva, existe poca consistencia respecto a los parámetros y los análisis que deben utilizarse, por lo cual resulta indispensable tener una visión general y aceptada universalmente que sea capaz de abordar estas dificultades metodológicas.

Registrar y cuantificar este tipo de respuestas resulta complejo incluso dentro de un ambiente controlado de laboratorio, ya que deben cumplirse condiciones como un control riguroso de las variables, contar con instrumentadores preparados, disponer de los recursos materiales, humanos y financieros necesarios. Se ha observado que la medición del estrés en tiempo real tiene cierto nivel de dificultad, ya que las personas pueden sentirse en un ambiente estresante lo cual puede contaminar los resultados. Igualmente, y a pesar de que se considera como una técnica no invasiva, la colocación de electrodos resulta obstrusiva ya que puede interferir en las conductas de la persona y tiene que ser realizada con mucha precisión debido a que puede alterarse el registro al capturar señales musculares y no cardíacas.

## Referencias

- Alcázar, J. (2018). *MindReader: Sistema multimodal de interfaz hombre-máquina para el análisis de emociones* [Tesis de Licenciatura, Ingeniería Informática]. Universidad de Castilla-La Mancha.
- Álvarez, N. (2018). Sistemas, complejidad y autopoiesis: una relación con la organización. *Revista de Economía y Administración*, 15(1), 53-70.
- Arango, S. S. (2012). Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 30(1), 75-82.
- Arias, A., Betancourt, L. y Bustamante, W. (2019). *Proceso de adaptación y estrés asociados en la deserción de estudiantes de la Escuela de Cadetes de Policía General Francisco de Paula Santander* [Monografía, Especialización en Servicio de Policía]. Escuela de Cadetes de Policía General Francisco de Paula Santander.
- Avedaño, R. (2009). *Variabilidad de la frecuencia cardíaca durante las crisis del lóbulo temporal* [Tesis de Posgrado, Especialista en Neurofisiología Clínica]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barbosa, F. E. (2011). *Efecto de la presión hiperbárica y diferentes presiones parciales de gases sobre la modulación vegetativa de la respuesta cardíaca: aplicación de métodos lineales y no lineales en el análisis de la VFC* [Tesis Doctoral, Programa de Doctorado: Actividad Física, Salud, y Rendimiento Deportivo]. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Benavente, M. y Quevedo, M. (2018). Resiliencia, bienestar psicológico y afrontamiento en universitarios atendiendo a variables de personalidad y enfermedad. *Journal of Psychology and Education*, 13(2), 99-112. <https://doi.org/10.23923/rpye2018.01.161>

- Benedicto, E. C. (2016). *Toma de decisiones en sistemas dinámicos no lineales: una perspectiva psicosociológica* [Tesis Doctoral, Doctor en Psicología]. Universidad de Valladolid.
- Bermúdez, V. (2018). Ansiedad, depresión, estrés y autoestima en la adolescencia. Relación, implicaciones y consecuencias en la educación privada. *Cuestiones Pedagógicas*, 26(1), 37-52. <http://dx.doi.org/10.12795/CP.2017.i26.03>
- Berntson, G., Bigger, T., Eckberg, D., Grossman, P., Kaufmann, P., Malik, M., Nagaraja, H, Porges, S., Saul, J., Stone, P. y van der Molen, M. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Bedoya-Cardona, E. Y. y Vásquez-Caballero, D. A. (2019). Estrés y funcionamiento cognitivo en universitarios. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 14(1), 23-29. <https://doi.org/10.5839/rcnp.2019.14.01.03>
- Betancourt, J. A. y Ramis, R. M. (2010). Apuntes sobre el enfoque de la complejidad y su aplicación en la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 26(2), 160-165.
- Brisinda, D., Venuti, A., Cataldi, C., Efremov, K., Intorno, E. y Fenici, R. (2015). Real-time Imaging of Stress-induced Cardiac Autonomic Adaptation During Realistic Force-on-force Police Scenarios. *Society for Police and Criminal Psychology*, 30, 71-86. <https://doi.org/10.1007/s11896-014-9142-5>
- Caldera, M. A. (2019). *Impacto de una intervención con entrenamiento biofeedback en el nivel estrés, recuperación y rendimiento deportivo* [Tesis Doctoral, Doctorado en Filosofía con orientación en Psicología]. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Calzada, J. L. (2017). *Estrés precompetitivo y resiliencia en jóvenes preadolescentes, análisis de los síntomas y su transformación en fortalezas*

[Tesis doctoral, programa de Doctorado en Ciencias Sociales y Jurídicas].  
Universidad de Jaén, España.

Cano-Vindel, A. (2010). Ansiedad, estrés, emociones negativas y salud. *Revista Dialnet*, 60(968), 12-16.

Carlson, N. R. (2014). *Fisiología de la conducta*. (11ª. ed.). Pearson.

Carranza, R., Hernández, R. y Alhuay, J. (2017). Bienestar psicológico y rendimiento académico en estudiantes de pregrado de psicología. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 13(22), 133-146.

Carrillo, L., Fernández, M. N., Clariana, S. M. y Alfonso, P. R. (2020). *Psicología de la Salud*. (6ª. ed.). CEDE, Centro documentación de estudios y oposiciones.

Castrillón, E., Sarsosa, K., Moreno, F. y Moreno, S. (2015). Estrés académico y sus manifestaciones inmunológicas: La evidencia de la psico-neuro-endocrino-inmunología. *Salutem Scientia Spiritus*, 1(1), 16-28.

Cerda-Kohler, H. y Henríquez-Olguín, C. (2014). Variabilidad del ritmo cardíaco y ejercicio físico. *Revista Horizonte Ciencias De La Actividad Física*, 5(2), 122-140.

Clemente-Suárez, V. J., Beltrán-Velasco, A. I., Bellido-Esteban, A. y Ruisoto-Palomera, P. (2018). Autonomic Adaption to Clinical Simulation in Psychology Students: Teaching Applications. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 43, 239-245. <https://doi.org/10.1007/s10484-018-9404-6>

Cobiellas, L. I., Anazco, A. y Góngora, O. (2020). *Estrés psicológico y depresión mental en estudiantes de primer año de medicina* [Ponencia]. EdumedHolguín2019, VIII Jornada Científica de la SOCECS, Sociedad Cubana de Educadores en Ciencias de la Salud de Holguín, Cuba. <http://edumedholguin2019.sld.cu/index.php/2019/2019/paper/viewFile/44/2>



- Cuenca, L. E. (2019). *Satisfacción familiar y afrontamiento al estrés en estudiantes de psicología de una universidad privada de Cajamarca*. [Tesis de Maestría, Maestría en Psicología Clínica]. Universidad de San Martín de Porres.
- ECG & Echo Learning (2018). *ECG Interpretation: Characteristics of the normal ECG (P-Wave, QRS complex, ST segment, T-Wave)*. ECG Waves. <https://ecgwaves.com/topic/ecg-normal-p-wave-qrs-complex-st-segment-t-wave-j-point/>
- Ernst, G. (2014). *Heart Rate Variability*. London, UK: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4309-3>
- Escudero, G. (2016). *Procesamiento digital de la señal para el diagnóstico precoz de la enfermedad de Parkinson. Caracterización temporal, espectral y no lineal de la variabilidad del ritmo cardíaco* [Tesis de Licenciatura, Ingeniería Industrial]. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Espinoza, A. A., Pernas, I. A. y González, R. L. (2018). Consideraciones teórico metodológicas y prácticas acerca del estrés. *Humanidades Médicas*, 18(3), 697-717.
- Estañol, B., Porrás-Betancourt, M., Padilla-Leyva, M. A. y Senties-Madrid, H. (2011). Breve historia del reflejo barorreceptor: de Claude Bernard a Arthur C. Guyton. Ilustrada con algunos experimentos clásicos. *Archivos de Cardiología de México*, 81(4), 330-336.
- Fernández, M. E. (2009). *Estrés percibido, estrategias de afrontamiento y sentido de coherencia en estudiantes de enfermería: su asociación con salud psicológica y estabilidad emocional* [Tesis Doctoral, Departamento de Psicología, Sociología y Filosofía]. Universidad de León, España.
- Fernández, C. (2012). *Inducción de emociones en condiciones experimentales: un banco de estímulos audiovisuales* [Tesis Doctoral, Doctorado en Psiquiatría]. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Floría, P. (2013). *Control del estrés laboral*. Fundación Confemetal.
- Fonfría, A., Poy, R., Segarra, P., López, R., Esteller, À., Ventura, C., Ribes, P. y Moltó, J. (2011). Variabilidad de la tasa cardíaca (HRV) y regulación emocional. *Fòrum de recerca*, 16, 903-913.
- Fox, S. I. (2011). *Fisiología Humana* (12ª. ed.). McGraw-Hill.
- Franco, M. V. (2015). *La medición del estrés en contextos académicos en estudiantes universitarios* [Tesis Doctoral, Programa de Doctorado Procesos Cognitivos, Instruccionales e Intervención Psicoeducativa]. Universidade Da Coruña.
- Frausto, M. (2011). *Introducción a las Neurociencias*. Editorial Pax México.
- García, A. (2011). *Efectos del estrés percibido y las estrategias de aprendizaje cognitivas en el rendimiento académico de estudiantes universitarios noveles de ciencias de la salud* [Tesis doctoral]. Universidad de Málaga.
- García, J. (2013). Aplicación de la variabilidad de la frecuencia cardíaca al control del entrenamiento deportivo: análisis en modo frecuencia. *Arch Med Deporte*, 30(1), 43-51.
- Gómez-Alcaina, B., Montero-Marín, J., Demarzo, M., Pereira, J. y García-Campayo, J. (2013). Utilidad de los marcadores biológicos en la detección precoz y prevención del síndrome de burnout. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 18(3), 245-253.
- González, R. M. (2018). *Relación entre prácticas parentales y percepción del estrés en universitarios de nuevo ingreso* [Tesis de Licenciatura, Licenciatura en Psicología]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Grases, G. (2010). *Estudio sobre la ansiedad y el estrés: su relación con parámetros bioquímicos y su influencia en el rendimiento académico. Estrategias para*

*reducir los niveles de ansiedad en los estudiantes* [Tesis Doctoral, Doctorado en Psicología]. Universitat de les Illes Balears.

Gufanti, S. M. (2011). *Relación del Estrés académico y el Apoyo social percibido en estudiantes de Psicología de universidad pública y privada* [Tesis de Licenciatura, Licenciatura en Psicología]. Universidad Abierta Interamericana.

Guyton, A. y Hall, J. E. (2012). *Tratado de fisiología médica* (12ª. ed.). Elsevier Saunders.

Guzmán, K. J. (2019). *Sentido de Coherencia y Determinantes Sociales de la Salud del Modelo Salutogénico influyentes en la Promoción de estilos de vida saludables de la Fundación Universitaria Cafam* [Tesis de Maestría, Maestría de Salud Pública]. Universidad Santo Tomás.

Herrera-Covarrubias, D., Coria-Ávila, G. A., Muñoz-Zabalera, D. A., Graillet-Mora, O., Aranda-Abreu, G. E., Rojas-Durán, F., Hernández, M. E. e Ismail, N. (2017). Impacto del estrés psicosocial en la salud. *Revista eNeurobiología*, 8(17), 1-23.

Higashida, B. (2013). *Ciencias de la Salud* (7ª. ed.). McGraw-Hill Education.

Hye-Geum, K., Eun-Jin, C., Dai-Seg, B., Young-Hwan, L. & Bon-Hoon, K. (2018). Stress and Heart Rate Variability: A Meta-Analysis and Review of the Literature. *Korean Neuropsychiatric Association*, 15(3), 235-245. <https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17>

Jordá, A. (2019). *Enfermedad cardiovascular y factores de riesgo psicosociales: Papel de la psicología clínica en la salud cardiovascular*. Alicante: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S. L. <http://dx.doi.org/10.17993/Med.2019.61>

- Kefauver, M. (2019). *Estrés, afrontamiento y psicopatología. Un estudio en población universitaria* [Tesis de Maestría, Máster Universitario en Psicología General Universitaria]. Universitat de les Illes Balears.
- Koerten, H. R., Watford, T. S., Dubow, E. F. y O'Brien, T. H. (2019). Cardiovascular effects of brief mindfulness meditation among perfectionists experiencing failure. *Psychophysiology*, 57(4),1-14. <https://doi.org/10.1111/psyp.13517>
- Laborde, S., Mosley, E., y Thayer, J. F. (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis and Data Reporting. *Frontiers in Psychology*, 8(213), 1-18. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Laura, S. (2014). *El problema del estrés y su afrontamiento en las escuelas* [Tesis de Licenciatura, Licenciatura en Psicología]. Universidad Abierta Interamericana.
- Lehrer, P. M. (2013). How does heart rate variability biofeedback work? Resonance, the baroreflex, and other mechanisms. *Biofeedback*, 41, 26-31. <https://doi.org/10.5298/1081-5937-41.1.02>
- León-Regal, M. L., García-Álvarez, Y., Álvarez-Hernández, R., Morales-Pérez, C., Regal-Cuesta, V. M. y González-León, H. D. (2019). Influencia del estrés psicológico y la actividad física moderada en la reactividad cardiovascular. *Revista Finlay*, 8(3), 224-233.
- Lerma, C., Martínez-Martínez, L. A., Ruiz, N., Vargas, A., Infante, O. y Martínez-Lavín, M. (2016). Fibromyalgia beyond reductionism. Heart rhythm fractal analysis to assess autonomic nervous system resilience. *Scandinavian Journal of Rheumatology*, 45(2), 151-157. <https://doi.org/10.3109/03009742.2015.1055299>

- López, G. F., López, L. y Díaz, A. (2015). Composición corporal y variabilidad de la frecuencia cardíaca: relaciones con edad, sexo, obesidad y actividad física. *Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte*, 4(2), 33-40.
- Lozada, K. D., Mocha, J. A. y Castro, W. (2020). Análisis de la frecuencia cardíaca: un estudio con estudiantes universitarios que practican actividad física regular. *Ciencia Digital*, 4(1.1), 21-31. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1.1161>
- Luengo, N. A. y Martínez, F. F. (2018). *La educación transdisciplinaria*. Comunidad Editora Latinoamericana. [http://comunidadeditora.org/wp-content/uploads/2018/10/Luengo-Martinez\\_La-educacion-transdisciplinaria-ISBN-978-987-46964-1-0.pdf](http://comunidadeditora.org/wp-content/uploads/2018/10/Luengo-Martinez_La-educacion-transdisciplinaria-ISBN-978-987-46964-1-0.pdf)
- Martínez-Lavín, M. (2012). Caos, complejidad y cardiología. *Archivos de Cardiología de México*, 82(1), 54-58.
- Martínez, A. y López, M. M. (2019). Biofeedback de la variabilidad de la frecuencia cardíaca. *Terapeía*, 11, 95-119.
- Mateos, E. L., Ayala, F. y Domínguez, B. (2015) Efecto del tiempo de análisis en el cálculo de la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante el sueño. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 20(3), 355-365.
- McCraty, R., y Childre, D. (2010). Coherence: bridging personal, social, and global health. *Altern. Ther. Health Med.* 16, 10-24.
- Megías, F. y Castro, F. J. (2018). *Manejo del estrés en profesionales sanitarios*. Difusión en Avances de Enfermería. DAE Editorial.
- Moreno, S., Parrado, E. y Capdevilla, L. (2013). Variabilidad de la frecuencia cardíaca y perfiles psicofisiológicos en deportes de equipo de alto rendimiento. *Revista de Psicología del Deporte*, 22(2), 345-352.
- Morris, C. G. y Maisto, A. A. (2011). *Introducción a la psicología* (13ª. ed.). Pearson.

- Nakayama, N., Arakawa, N., Ejiri, H., Matsuda, R. y Makino, T. (2018). Heart rate variability can clarify student's level of stress during nursing simulation. *PLOS ONE*, 13(4), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195280>
- Núñez de Villavicencio, F. (2008). *Psicología y Salud* (2ª. ed.). ECIMED.
- Odeón, M. M., Maidana, S. S. y Romera, S. A. (2015). Relación entre el estrés y el sistema inmune. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales*, 13, 1-12.
- Ortigosa, J., Reigal, R., Carranque, G. y Hernández, A. (2018). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: Investigación y aplicaciones prácticas para el control de los procesos adaptativos en el deporte. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 13(1), 121-130.
- Ortiz-Alcolea, L., Cutiño, I., Rizo, R. R., Lazo, L. A., Albarrán, F. A., Ibarra, J. M. y Sánchez, M. E. (2020). Regulación autonómica cardiovascular durante la prueba del peso sostenido en pacientes sanos y diabéticos tipo 2. *Revista de Investigaciones biomédicas*, 39(1), 1-15.
- Peláez, V. (2016). *Intervención psicológica para la modulación de la respuesta autonómica ante estrés psicológico y físico de pacientes ambulatorios con insuficiencia cardíaca crónica estable* [Tesis Doctoral, Programa de Maestría y Doctorado en Psicología y Salud]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez, M., Almirall, P. J., Pérez, A. y Amador F. J. (2014). Procedimiento para evaluar el efecto del esfuerzo mental sobre la salud cardiovascular utilizando la VFC como indicador de la activación central. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 15(2), 57-72.
- Pilnik, S. (2010). El concepto de alostasis: un paso más allá del estrés y la homeostasis. *Revista del Hospital Italiano de Buenos Aires*, 30(1), 7-12.

- Pineda, J. E. (2014). *Análisis de las señales electroencefalográficas y de la variabilidad de la frecuencia cardíaca durante el sueño en pacientes con fibromialgia* [Tesis Doctoral, Programa de Doctorado en Neurociencias de la Conducta]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pineda, J. E., González, R. M., Romero, A. y Guzmán, R. M. E. (2017). Percepción de estrés y prácticas parentales en estudiantes de psicología de nuevo ingreso. *European Scientific Journal*, 13(17), 325-339. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n17p325>
- Pino, L. M. (2018). El tratado de Galeno sobre las causas en los pulsos: estructura, contenido y tipología. *Panace@*, 19(48), 173-186.
- Ramírez-Adrados, A., Fernández-Martínez, S., Martínez-Pascual, B., González-de-Ramos, C., Fernández-Elías, V. E. y Clemente-Suárez, V. J. (2020). Psychophysiological stress response of physiotherapy last year students in his final degree dissertation. *Physiology & Behavior*, 222, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112928>
- Ramis, R. M. y Sotolongo, P. L. (2009). Aportes del pensamiento y las ciencias de la complejidad al estudio de los determinantes de la salud. *Revista Cubana de Salud Pública*, 35(4), 65-77.
- Rapalis, A. (2017). *Physiological Signal Processing Algorithms for Short-Term Heart Rate and Blood Pressure Variability Estimation* [Tesis Doctoral, Technological Sciences, Electrical and Electronics Engineering]. Kaunas University of Technology.
- Redolar, D. (2011). *El cerebro estresado*. Editorial UOC.
- Redondo-Flores, L., Tornero-Aguilera, J. F. y Clemente Suárez, V. J. (2020). Could academic experience modulate psychophysiological stress response of biomedical sciences students in laboratory? *Physiology & Behavior*, 223, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113017>

- Reyes del Paso, G., Langewitz, W., Mulder, L., van Roon, A. y Duschek, S. (2013). The utility of low frequency heart rate variability as an index of sympathetic cardiac tone: A review with emphasis on a reanalysis of previous studies. *Psychophysiology*, 50(5), 77-87. <https://doi.org/10.1111/psyp.12027>
- Reynoso-Erazo, L. y Ávila-Costa, M. (2014). Estrés y enfermedad crónica. En L. Reynoso-Erazo y A. L. Becerra-Gálvez (coords.), *Medicina Conductual* (pp. 129-146). Qartuppi.
- Riera, L. (2019). *Efectos de la realidad virtual y los tonos binaurales sobre el dolor crónico en niños y jóvenes con enfermedades reumáticas* [Tesis de Licenciatura, Licenciatura en Psicología]. Universitat de les Illes Balears.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. y Capdevilla, L. (2008a). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (1). *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(123), 41-47.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. y Capdevilla, L. (2008b). Variabilidad de la frecuencia cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (2). *Archivos de Medicina del Deporte*, 25(124), 119-127.
- Rodríguez, P. (2008). *Ansiedad y sobreactivación. Guía de entrenamiento en control respiratorio*. Descleé de Brower.
- Rodríguez de Ávila, U. E., Fontanelle-Araujo, J. y Leocadio-Miguel, M. A. (2018). Avances en psicobiología: respuesta autonómica de la VFC y la dimensión global de la cognición humana. *Duazary: Revista Internacional de Ciencias de la Salud*, 15(2), 125-128. <http://dx.doi.org/10.21676/2389783X.2124>
- Rodríguez-Medina, D. A. y Domínguez-Trejo, B. (2017). La evaluación psicofisiológica con imagen térmica infrarroja en los procesos psicológicos. *Revista Internacional Digital de Psicología y Ciencia Social*, 3(2), 228-242. <http://dx.doi.org/10.22402/j.rdiptycs.unam.3.2.2017.140.227-241>



- Román, C. I. (2018). *Efecto de la escucha musical en la variabilidad de la frecuencia cardíaca: vida cardio-musical* [Tesis de Licenciatura, Licenciatura en Biología]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Romero, M. (2009). *Implicaciones de la respuesta de estrés sobre el proceso de estudio en estudiantes de Ciencias de la Salud* [Tesis Doctoral, Doctorado en Psicología Evolutiva y de la Educación]. Universidad de A Coruña.
- Ruíz, N. I. (2009). *Variabilidad de la frecuencia cardíaca en pacientes con fibromialgia evaluada por análisis de fractalidad* [Tesis de Maestría, Posgrado en Reumatología]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, M., de Paula Palacios, F., Leal, C. y van-der Hofstadt, C. J. (2012). Efecto del estrés mental sobre los índices de variabilidad de la frecuencia cardíaca y la entropía aproximada. *Revista de Psicología de la Salud*, 20-24(1), 23-34.
- Sancho, D., Santiesteban, N., Cuerda, M., Solera, S. y De la Rubia, J. E. (2018). El estrés en la enfermedad de Parkinson. Biomarcadores cortisol y amilasa. Revisión sistemática. *Revista Científica de la Sociedad Española de Enfermería Neurológica*, 50(C), 12-12.
- Sandín, B. (2008). *El Estrés Psicosocial. Conceptos y Consecuencias Clínicas. Estrés, Psicopatología y Salud*. (2ª. ed.). Klink.
- Sierra, M. A., Padilla, A. y Fraga, J. M. (2017). Uso de biofeedback de variabilidad de la frecuencia cardíaca durante la radioterapia como método de distracción cognitiva y autorregulación en un paciente pediátrico: Informe de caso. *Psicooncología*, 14(2-3), 255-266. <http://dx.doi.org/10.5209/PSIC.57084>
- Stein, C. (2020). The effect of clinical simulation assessment on stress and anxiety measures in emergency care students. *African Journal of Emergency Medicine*, 1(10), 35-39. <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2019.12.001>

- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: Standards of Measurement, physiological interpretation and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354-381. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>
- Tejera, E. (2013). Series temporales. En J. M. Nieto-Villar (coord.), *Complejidad y auto-organización de patrones naturales* (pp.127-163). UH Editorial.
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., y Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann. Behav. Med.* 37, 141-153. <https://doi.org/10.1007/s12160-009-9101-z>
- Tkaczyszyn, M., Olbrycht, T., Makowska, A., Soboń, K., Paleczny, B., Rydlewska, A. y Jankowska, E. A. (2013). The influence of the sounds of crying baby and the sounds of violence on haemodynamic parameters and autonomic status in young healthy adults. *International Journal of Psychophysiology*, 87(1), 52-59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.10.017>
- Torres, M. A. (2017). *Biorretroalimentación y respiración diafragmática en la variabilidad de la frecuencia cardíaca y en la sintomatología ansiosa y depresiva de pacientes con cardiopatía* [Tesis de Maestría, Maestría en Psicología]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vega, I. M. (2017). *Diseño y desarrollo de un sistema portable para el desarrollo del estrés a través de la tensión muscular* [Tesis de Maestría, Magíster en Ingeniería-Automatización Industrial]. Universidad Nacional de Colombia.
- Wearne, T. A., Lucien, A., Trimmer, E. M., Logan, J. A., Rushby, J. A., Wilson, E., Filipčíková, M. y McDonald, S. (2019). Anxiety sensitivity moderates the subjective experience but not the physiological response to psychosocial

stress. *International Journal of Psychophysiology*, 141, 76-83.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.04.012>

Woody, A., Hamilton, K., Livitz, I. E., Figueroa, W. S. y Zoccola, P. M. (2017). Buccal telomere length and its associations with cortisol, heart rate variability, heart rate and blood pressure responses to an acute social evaluative stressor in college students. *The International Journal on the Biology of Stress*, 20(3), 249-257. <http://dx.doi.org/10.1080/10253890.2017.1328494>

Zavala, G. L. (2019). La complejidad en medicina. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional Autónoma de Honduras*, 16(16), 7-11.

## Anexos

Anexo 1. Cronograma del estudio.

<p style="text-align: center;"><b>“RESPUESTA DE LA MODULACIÓN CARDIACA AUTONÓMICA ANTE EL ESTRÉS COGNITIVO EN ESTUDIANTES DE PSICOLOGÍA”</b> César Arnulfo Morales López 2016-2020 Tutor principal: Dr. Abel Lerma Talamantes</p>					
<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO</b>					
<b>Actividades/Año</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
<b>Actividades del proyecto</b>					
<b>Revisión de literatura</b>					
<b>Protocolo metodológico</b>					
<b>Obtención de permisos con autoridades</b>					
<b>Contacto de población blanco</b>					
<b>Recolección de datos</b>					
<b>Capacitación en psicofisiología</b>					
<b>Capítulo 1</b>					
<b>Capítulo 2</b>					
<b>Capítulo 3</b>					
<b>Revisión de avances de tesis</b>					
<b>Análisis de datos</b>					
<b>Discusiones y conclusiones</b>					
<b>Revisión/aceptación de tesis</b>					
<b>Examen profesional y obtención del grado</b>					



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD**



**Dr. Abel Lerma Talamantes**

**Documento de Consentimiento Informado para realización de exámenes psicofisiológicos.**

Este Formulario de Consentimiento Informado se dirige a alumnos de nuevo ingreso en Psicología del Instituto de Ciencias de la Salud, a quienes se les invita a participar en el Proyecto “Respuesta de la Modulación Cardíaca Autónoma ante el Estrés Cognitivo en Estudiantes Universitarios de Psicología”.

Investigador Principal: Dr. Abel Lerma Talamantes.

Organización: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

**Nombre del Patrocinador:** Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior (PRODEP).

“Respuesta de la Modulación Cardíaca Autónoma ante el Estrés Cognitivo en Estudiantes Universitarios de Psicología”.

Este Documento de Consentimiento Informado tiene dos partes:

- Información
- Formulario de Consentimiento

Se le dará una copia del Documento completo de Consentimiento Informado

**PARTE I: Información**

Soy miembro del Cuerpo Académico Evaluación e Intervención Transdisciplinaria del Proceso Salud-Enfermedad, actualmente colaboro con este Instituto en la evaluación y registros clínicos en universitarios de nuevo ingreso en Psicología. Nos interesa conocer aspectos de la Respuesta de la Modulación Cardíaca Autónoma ante el Estrés Cognitivo en Estudiantes Universitarios de Psicología. Le voy a dar información e invitarle a participar de esta investigación. Antes de decidirse, puede hablar con alguien con quien se sienta cómodo sobre este tema. Puede que haya algunas palabras que no entienda. Por favor, me detiene según le informo para darme tiempo a explicarle. Si tiene preguntas más tarde, puede preguntarme a mí, al doctor que investiga o a miembros del equipo.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD**



Esta investigación incluirá una visita para registro electrofisiológico. Ninguno de los exámenes o tratamientos realizados producen efectos nocivos secundarios a corto, mediano ni largo plazo.

Su participación en esta investigación forma parte de su proceso académico como estudiante de nuevo ingreso, de acuerdo con los servicios que ofrece el área Académica de Psicología, preocupada por el bienestar de la comunidad estudiantil.

Durante el proceso de registro vamos a evaluar algunos aspectos fisiológicos de su funcionamiento físico. Para ello, vamos a colocarle algunos sensores en sus manos, hombros, torso y pecho, ninguno de ellos produce algún efecto dañino como toques, calor o frío sobre el organismo. El objetivo de esta evaluación es conocer cómo responde su organismo ante diferentes condiciones, con la finalidad de evaluar su capacidad de adaptación. La evaluación clínica durará aproximadamente treinta minutos. Durante ese tiempo, será necesario que acuda al Laboratorio de Psicofisiología del Instituto de Ciencias de la Salud (ICSa) de la UAEH ubicados en la cuarta etapa del Instituto.

Al final de las evaluaciones serán acompañados a sus respectivas aulas de clase por algún miembro del equipo.

Si usted participa en esta investigación, tendrá el beneficio de conocer elementos sobre su regulación fisiológica ante el estrés. Así mismo, conocerá el impacto que tienen estas variables en su vida cotidiana y su estado físico. La información que recojamos por este proyecto de investigación se mantendrá confidencial. La información acerca de usted que se recogerá durante la investigación será puesta fuera de alcance y nadie sino los investigadores tendrán acceso a verla. Cualquier información acerca de usted tendrá un número en vez de un nombre. Solo los investigadores sabrán cuál es su número y se mantendrá la información encerrada en cabina con llave. No será compartida ni entregada a nadie excepto a los miembros del grupo de psicofisiología.

#### **A Quién Contactar**

Si tiene cualquier pregunta puede hacerlas ahora o más tarde, incluso después de haberse realizado el registro. Si desea hacer preguntas más tarde, puede contactar a:

Dr. Abel Lerma Talamantes, Cubículo 7, Cuarta Etapa, ICSa.  
Cel. (+52 1) 55 4346 7049, e-mail: [abel\\_lerma@uaeh.edu.mx](mailto:abel_lerma@uaeh.edu.mx)



## PARTE II: Formulario de Consentimiento

He sido invitado a participar en el proyecto “**Respuesta de la Modulación Cardíaca Autónoma ante el Estrés Cognitivo en Estudiantes Universitarios de Psicología**”. Entiendo que se me colocarán algunos sensores en manos, hombros, torso y pecho, y que ninguno de ellos produce algún efecto dañino como toques, calor o frío sobre el organismo. He sido informado de que los riesgos son mínimos. Sé que puede que no haya beneficios para mi persona y que no habrá recompensa por mi participación. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado usando el nombre y la dirección que se me ha dado de esa persona.

He leído la información proporcionado o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado.

Consiento voluntariamente participar en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en cualquier momento sin que me afecte en ninguna manera mi estancia académica ni los servicios que se me proporcionan en la Institución.

Nombre del Participante \_\_\_\_\_

Firma del Participante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

He leído con exactitud o he sido testigo de la lectura exacta del documento de consentimiento informado para el potencial participante y el individuo ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmando que el individuo ha dado consentimiento libremente.

Nombre del Investigador \_\_\_\_\_

Firma del Investigador \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Ha sido proporcionada al participante una copia de este documento de Consentimiento Informado (iniciales del investigador/asistente).

Anexo 3. Hoja de registro de datos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD



Nombre: \_\_\_\_\_ No. de folio: \_\_\_\_\_  
Sexo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
Semestre: \_\_\_\_\_ Grupo: \_\_\_\_\_  
Promedio general del bachillerato: \_\_\_\_\_

### 1.- Línea Base

En una escala de 1 a 10, ¿cuánto estrés siente?: \_\_\_\_\_

### 2.- Estrés

- En una escala de 1 a 10, ¿cuánto estrés sintió?: \_\_\_\_\_

- ¿Pudo recordar la situación estresante? SI / NO

- En una escala de 1 a 10, ¿con cuánta claridad la recordó?: \_\_\_\_\_

¿Qué emoción/es sentiste?	¿Con cuánta intensidad?

- ¿Cuál situación fue la que recordó?

### 3.- Recuperación

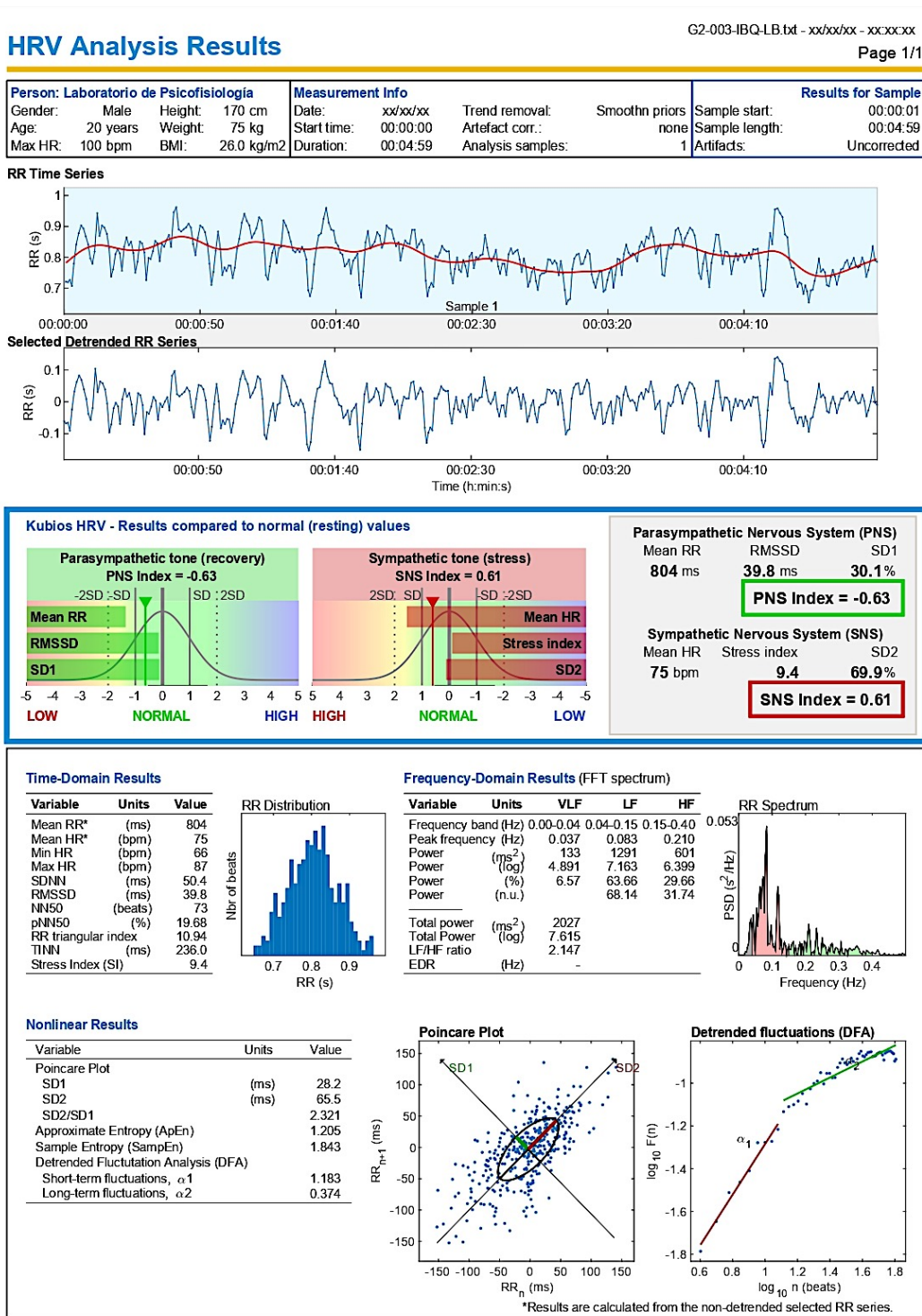
En una escala de 1 a 10, ¿cuánto estrés sintió?: \_\_\_\_\_

### Registro de índices de la VFC

Índice	Basal	Estrés	Recuperación
MeanRR			
SDNN			
pNN50			
LFnu			
HFnu			
LF/HF			
alpha-1			



# Anexo 4. Hoja de resultados de Kubios HRV.



Anexo 5. Resumen con resultados preliminares de este proyecto, presentados en el LXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A. C. (agosto 2019).

### **Respuesta de la modulación autonómica cardíaca ante el estrés cognitivo en estudiantes de Licenciatura.**

Abel Lerma<sup>1</sup>; César Arnulfo Morales López<sup>1</sup>; Angélica Romero Palencia<sup>1</sup> y Claudia Lerma<sup>2</sup>.

1. Instituto de Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

2. Departamento de Instrumentación Electromecánica, Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez, Ciudad de México, México

#### **Resumen**

**Introducción:** El análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) permite evaluar de manera no invasiva la modulación autonómica (simpática y parasimpática) del corazón. El estrés cognitivo aumenta el riesgo de trastornos psicológicos (como la depresión y la ansiedad) y trastornos somáticos (como la hipertensión). El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta autonómica cardíaca ante el estrés cognitivo inducido por un recuerdo negativo en una muestra de estudiantes de Licenciatura en Psicología.

**Método:** Muestra no aleatoria de 45 estudiantes (33% hombres, 67% mujeres, edad  $19 \pm 1.3$  años) de primer ingreso en la Licenciatura de Psicología del turno matutino y vespertino. Para cada participante se registró el electrocardiograma continuo durante 3 maniobras: basal, fase de estrés cognitivo y recuperación (5 minutos cada fase). Se utilizó el programa Kubios para identificar la ocurrencia de cada latido (complejo QRS), obtener el tiempo entre latidos consecutivos (intervalos RR o VFC) y calcular los índices de la VFC (estadísticos y espectrales). Se compararon los promedios entre las fases mediante análisis de varianza para muestras repetidas con ajuste de comparaciones post-hoc por el método Bonferroni. Se realizó análisis de correlación de Pearson entre la puntuación de estrés percibido y los índices de la VFC.

**Resultados:** El estrés percibido aumenta durante la tarea de estrés y disminuye regresando al nivel basal durante la recuperación.

El MeanRR (intervalo RR promedio) disminuye (es decir, la frecuencia cardíaca promedio aumenta) durante la tarea de estrés y regresa al nivel basal durante la recuperación.

El STDRR (variabilidad general) no cambia durante la fase de estrés comparada contra la línea base, pero sí aumenta (aumenta la variabilidad regresando a valores basales) durante la recuperación en comparación con la fase de estrés.

El pNN50 (la variabilidad de corto plazo o cambios rápidos) disminuyó en respuesta al estrés y aumentó durante la recuperación, pero no recuperó los niveles basales.

El LFnu (potencia en frecuencias bajas asociadas a la actividad simpática) aumentó durante la fase de estrés y no disminuyó durante la recuperación (siguió elevado respecto al basal).

El HFnu (la potencia en frecuencias altas asociadas a la actividad parasimpática) disminuyó durante la fase de estrés y no aumentó durante la fase de recuperación.

El cociente LF/HF (refleja el balance simpático-parasimpático) aumentó durante el estímulo de estrés y no disminuyó durante la recuperación (en comparación con el estrés), pero sí fue similar durante la recuperación respecto al basal.

Hubo correlaciones inversas significativas entre el estrés percibido basal y el intervalo RR medio en los tres momentos de medición; así como entre el estrés percibido durante el estrés y el intervalo RR promedio (durante el estímulo y durante recuperación), el STDRR en los tiempos de medición y el PNN50 evaluado en línea base y recuperación.

**Conclusión:** En conjunto, estos cambios indican un aumento en la actividad simpática y disminución en la actividad parasimpática durante la fase de estrés, y una tendencia a recuperar la variabilidad durante estado basal, es decir, el balance simpático-parasimpático durante la fase de recuperación. Esto refleja la capacidad de respuesta fisiológica en la modulación autonómica cardíaca en respuesta a un estímulo de estrés cognitivo evocado por un recuerdo negativo. El nivel de estrés percibido se relaciona con frecuencia cardíaca más rápida y menor VFC.

Anexo 6. Carta de aceptación del póster con resultados preliminares de este proyecto, presentados en el LXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A. C. (agosto 2019).



SOCIEDAD MEXICANA DE CIENCIAS FISIOLÓGICAS A.C.

Ciudad de México, a 21 de junio de 2019.

**Mesa Directiva 2018-2019**

**Presidente**

Dr. Benjamín Florán Garduño  
[bfloran@fisio.cinvestav.mx](mailto:bfloran@fisio.cinvestav.mx)

**Vicepresidente**

Dr. Daniel Ortuño Sahagún  
[dortuno@cucs.udg.mx](mailto:dortuno@cucs.udg.mx)

**Secretaria**

Dra. Ma. del Carmen Cortés  
Sánchez  
[carmen.cortes@correo.buap.mx](mailto:carmen.cortes@correo.buap.mx)

**Tesorera**

Dra. Consuelo Morgado-Valle  
[comorgado@uv.mx](mailto:comorgado@uv.mx)

**Lerma Talamantes Abel**  
**Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo**  
**Presente.**

Estimado (a) Congresista: informamos que el trabajo titulado:

**“Respuesta de la modulación autonómica cardíaca ante el estrés cognitivo en estudiantes de Licenciatura”**

Cuyos co-autores son:

Abel Lerma; César Arnulfo Morales López; Angélica Romero Palencia y  
Claudia Lerma.

Ha sido **ACEPTADO**, para ser presentado en la sesión del día **Martes 13 de agosto del presente año, en un horario de 11:30 a 13:00 horas**, en el LXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, que se celebrará del 11 al 15 de agosto de 2019 en la Ciudad de Querétaro, Qro., en modalidad **de Cartel**.

Reciba de antemano nuestro reconocimiento por su valiosa participación, además de un cordial saludo.

Atentamente,  
Por el Comité Organizador

**Dr. Benjamín Florán Garduño**

© 2018-2019 **Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, A.C.**  
Carr. México Cuernavaca km. 23.5, Col. San Andrés Totoltepec, C.P. 14400,  
Del. Tlalpan, CDMX  
<http://www.smcf.org.mx>