

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

LICENCIATURA EN BIOINGENIERÍA MÉDICA

DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL



“EVALUACIÓN PSICOFISIOLÓGICA DEL ESTRÉS ACADÉMICO EN ESTUDIANTES DE
SECUNDARIA ANTE UN EXAMEN DE MATEMÁTICAS”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOINGENIERÍA MÉDICA

PRESENTA:

P.L.B.M. PILAR CRUZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EN C. JOSÉ JAVIER REYES LAGOS

CODIRECTOR DE TESIS:

DRA. EN C. LAURA MERCEDES SANTIAGO FUENTES

ASESOR EXTERNO:

DR. ERIC ALONSO ABARCA CASTRO

TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO 2024

RESUMEN

El estrés académico es un estado psicológico en el cual el alumno es sometido, de acuerdo con su valoración cognitiva, a un estresor de tipo académico. Éste se hace presente en todos los niveles educativos, y su intensidad incrementa a medida que se avanza en el sistema educativo. Las tareas o situaciones que se identifican como estresores son los periodos de evaluación, trabajos sobre matemáticas y exámenes, entre otros. Los síntomas de estrés más comunes son aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, dolores de cabeza, aumento de la presión arterial, así como síntomas relacionados con la depresión, ansiedad, trastornos de la alimentación, deserción escolar, y calificaciones deficientes. Se ha estudiado que estos síntomas se producen por el incremento de las hormonas como el cortisol y adrenalina que preparan al cuerpo para la huida. Las catecolaminas activan la rama simpática del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) afectando el sistema cardíaco y respiratorio, lo que conlleva a aumentar la frecuencia de estos. La Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC) es un índice que han señalado varias investigaciones de su utilidad para describir la dinámica cardíaca y autonómica.

En este trabajo de investigación se buscó comparar la actividad autonómica cardiorrespiratoria de los estudiantes de primero de secundaria previo a la realización de un examen de matemáticas y en un día común de clases después de un periodo vacacional, mediante el análisis lineal y no lineal de VFC, actividad respiratoria y de instrumentos psicológicos relacionados con el estrés académico.

La hipótesis planteada es que en consecuencia a la activación de sistema nervioso simpático sobre el parasimpático a causa del estrés que provoca el examen de matemáticas se espera un aumento de la frecuencia cardíaca y de los índices de la VFC relacionados al sistema simpático y una disminución de aquellos que se relacionan al parasimpático, lo mismo se plantea que suceda con la frecuencia respiratoria. En cuanto a las pruebas psicológicas, en el caso de la Escala de Afrontamiento de Estrés Académico (A-CEA) los resultados informarán sobre las estrategias de los alumnos para afrontar el estrés académico.

Para esta investigación se realizó una base de datos con registros de electrocardiogramas y de pruebas psicológicas de 42 estudiantes de primer año de una Telesecundaria en el Estado de México. A cada participante se le realizaron dos registros, el primero antes de realizar su examen de matemáticas (Examen) y el segundo la semana posterior al periodo vacacional de Semana Santa en un día de clases (No examen). Para los registros de electrocardiograma se utilizó la Ganglion Board 4-channel (OpenBCI, Brooklyn, NY, EE.UU) y la escala A-CEA, con la cual es posible clasificar al estudiantado en personas con bajas, medianas y altas estrategias de afrontamiento académico. Se obtuvo la señal de intervalos R-R de los participantes en ambas etapas para posteriormente obtener los índices lineales y no lineales de la VFC. A partir de las señales de electrocardiograma se estimó la señal respiratoria (EDR) para obtener la Variabilidad de la Frecuencia Respiratoria (VFR) y el *Pulse-Respiration Quotient* (PRQ).

Este estudio encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en los estudiantes entre la etapa de Examen y No examen en los índices SDNN (68.18 ± 23.24 ms vs 63.11 ± 25.69 ms),

RMSSD (73 ± 23.17 ms vs 63.29 ± 28.91 ms), pNN50 ($47.08 \pm 17.43\%$ vs $39 \pm 21.09\%$), HF (1800 ± 1152 ms² vs 1499 ± 1347 ms²), HF (7.27 ± 0.74 log vs 6.8 ± 1.29 log), HF (64 ± 13.43 n.u vs 55.35 ± 17.53 n.u), LF (35.81 ± 13.38 n.u vs 44.43 ± 17.55 n.u), LF/HF (0.63 ± 0.38 ms² vs 0.94 ± 0.61 ms²), Actividad vagal (1.69 ± 0.17 vs 1.59 ± 0.26), 0V de la dinámica simbólica ($9.69 \pm 4.83\%$ vs $11.32 \pm 6.04\%$), una disminución de la entropía multiescala (en las escalas 6, 8, 10, 12 y 14) y una disminución del porcentaje de series no lineales (en las escalas 2, 13 y 14), respectivamente. Además de diferencias significativas entre los estudiantes catalogados con “Bajas estrategias de afrontamiento” (n = 7) en la etapa de Examen a comparación de los estudiantes con “Altas estrategias de afrontamiento” (n = 8) en la etapa de No examen en los índices LF/HF (0.55 ± 0.39 ms² vs 1.15 ± 0.74 ms²) y Sample Entropy (2.08 ± 0.11 vs 2.23 ± 0.16). Finalmente, el análisis respiratorio hecho con un subgrupo de los participantes mostró diferencias significativas en SDNN (0.85 ± 0.09 ms vs 0.73 ± 0.15 ms) y RMSSD (0.53 ± 0.06 ms vs 0.45 ± 0.08 ms) entre la etapa de Examen (n = 8) y No examen (n = 11), respectivamente.

Los datos obtenidos tras comparar a todos los participantes en la etapa de Examen vs No Examen sugieren que los estudiantes de primer año de secundaria tienen cambios en la modulación cardíaca de los sistemas simpático y parasimpático (indicado en los índices LF (n.u) y LF/HF), una disminución de la actividad parasimpática (indicado en los índices RMSSD, HF (ms²), HF (log) y HF (n.u)) y un aumento de la actividad simpática (indicado en los índices SDNN, Actividad vagal y 0V), además de una disminución en la complejidad de las señales R-R (escalas 6, 8, 10, 12 y 14 de la MSE). El aumento de la actividad simpática también se ve reflejada en la modulación respiratoria (indicado en los índices SDNN y RMSSD) cuando se realizó la comparación de Examen vs No examen de un grupo de participantes seleccionados para cada etapa.

El aumento de la actividad parasimpática cardiorrespiratoria en la etapa de No examen se puede atribuir a múltiples factores, entre los que se encuentra la modificación de rutinas, hábitos alimenticios y patrones de sueño durante periodos vacacionales, además, del síndrome postvacacional, estos tienen un periodo de transición en los primeros días de clases y provocan alteraciones psicológicas y fisiológicas en los alumnos. Otros factores son los cambios a nivel escolar, personal y familiar que sufrieron los alumnos por la pandemia por COVID-19 que en periodos prolongados de estar en casa y el regreso a clases en la escuela podrían reaparecer síntomas de problemas de salud mental con manifestaciones fisiológicas que aún no se han estudiado.

De manera relevante se debe destacar que los estudiantes con bajas estrategias de afrontamiento mostraron cambios en su regulación autonómica cardíaca y menor complejidad en la dinámica cardíaca en comparación con aquellos con altas estrategias de afrontamiento previo al examen. Estos hallazgos destacan la importancia de desarrollar estrategias de afrontamiento efectivas para manejar el estrés académico, ya que tienen un impacto directo en la salud psicofisiológica de los estudiantes.

ABSTRACT

Academic stress is a psychological state in which the student is exposed, according to his or her cognitive appraisal, to an academic stressor. It is experienced at all levels of education, and its intensity increases as one progresses through the education system. The tasks or situations that are identified as stressors are evaluation periods, mathematics work and exams, among others. The most common symptoms of stress are increased heart and respiratory rate, headaches, increased blood pressure, as well as symptoms related to depression, anxiety, eating disorders, dropping out of school, and poor school grades. It has been studied that these symptoms are caused by an increase in hormones such as cortisol and adrenaline that prepare the body for flight. Catecholamines activate the sympathetic branch of the Autonomic Nervous System (ANS) affecting the cardiac and respiratory system, leading to increased heart and respiratory rates. Heart Rate Variability (HRV) is an index that has been reported by several researches to be useful in describing cardiac and autonomic dynamics.

The aim of this research was to compare the cardiorespiratory autonomic activity of first-year junior high school students before taking a mathematics exam and on an ordinary school day after a holiday period, by means of linear and non-linear analysis of HRV, respiratory activity and psychological instruments related to academic stress.

The hypothesis proposed is that as a consequence of the activation of the sympathetic nervous system over the parasympathetic nervous system due to the stress caused by the mathematics exam, an increase in heart rate and HRV indices related to the sympathetic system and a decrease in those related to the parasympathetic system are expected, as well as increases in respiratory rate. As for the psychological tests, in the case of A-CEA the results will inform about the students' strategies for coping with academic stress.

For this research, a database was created with records of electrocardiograms and psychological tests of 42 first year students of a junior high school in the State of Mexico. Two records were made for each participant, the first before taking their mathematics exam (Exam) and the second the week after the Easter holiday period on a school day (No exam). For the electrocardiogram recordings, the Ganglion Board 4-channel (OpenBCI, Brooklyn, NY, USA) and the Escala de Afrontamiento de Estrés Académico (A-CEA) were used, with which it is possible to classify students into those with low, medium and high academic coping strategies. The R-R interval signal was obtained from the participants in both stages to subsequently obtain the linear and non-linear indices of the HRV. From the electrocardiogram signals, the respiratory signal (EDR) was estimated to obtain the Respiratory Rate Variability (RRV) and the Pulse-Respiration Quotient (PRQ).

This study found significant differences ($p < 0.05$) in students between Exam and No Exam stage in SDNN (68.18 ± 23.24 ms vs 63.11 ± 25.69 ms), RMSSD (73 ± 23.17 ms vs 63.29 ± 28.91 ms), pNN50 ($47.08 \pm 17.43\%$ vs $39 \pm 21.09\%$), HF (1800 ± 1152 ms² vs 1499 ± 1347 ms²), HF (7.27 ± 0.74 log vs 6.8 ± 1.29 log), HF (64 ± 13.43 n.u vs 55.35 ± 17.53 n.u), LF (35.81 ± 13.38 n.u vs 44.43 ± 17.55 n.u), LF/HF (0.63 ± 0.38 ms² vs 0.94 ± 0.61 ms²), Vagal activity (1.69 ± 0.17 vs 1.59 ± 0.26), 0V of sympathetic dynamics ($9.69 \pm 4.83\%$ vs $11.32 \pm 6.04\%$), a decrease in multiscale entropy (on scales 6, 8, 10, 12 and 14) and a decrease in the percentage of non-linear series (on scales 2, 13 and 14), respectively. In addition to significant differences between students categorised as "Low coping strategies"

(n = 7) in the Examination stage compared to students with "High coping strategies" (n = 8) in the non-examination stage in the LF/HF ($0.55 \pm 0.39 \text{ ms}^2$ vs $1.15 \pm 0.74 \text{ ms}^2$) and Sample Entropy (2.08 ± 0.11 vs 2.23 ± 0.16) indices. Finally, respiratory analysis done with a subgroup of the participants showed significant differences in SDNN ($0.85 \pm 0.09 \text{ ms}$ vs $0.73 \pm 0.15 \text{ ms}$) and RMSSD ($0.53 \pm 0.06 \text{ ms}$ vs $0.45 \pm 0.08 \text{ ms}$) between the Examination (n = 8) and No Examination (n = 11) stages, respectively.

The data obtained suggest that junior high school students have changes in cardiac modulation of the sympathetic and parasympathetic systems (indicated by the LF (n.u) and LF/HF indices), a decrease in parasympathetic activity (indicated by the RMSSD, HF (ms^2), HF (log) and HF (n. u)) and an increase in sympathetic activity (indicated by SDNN, Vagal activity and 0V indices) which are also reflected in respiratory modulation (indicated by SDNN and RMSSD indices), as well as a decrease in the complexity of R-R signals (MSE scales 6, 8, 10, 10, 12 and 14).

The increase in parasympathetic cardiorespiratory activity in the No Exam stage can be attributed to multiple factors, including changes in routines, eating habits and sleep patterns during holiday periods, as well as post-holiday syndrome, which have a transitional period in the first days of school and cause psychological and physiological alterations in students. Other factors are the changes at school, personal and family level suffered by students due to the COVID-19 pandemic, which in prolonged periods of being at home and the return to school could lead to the reappearance of symptoms of mental health problems with physiological manifestations that have not yet been studied.

Interestingly, students with low coping strategies showed changes in their cardiac autonomic regulation and lower complexity in cardiac dynamics compared to those with high pre-exam coping strategies. These findings highlight the importance of developing effective coping strategies to manage academic stress, as they have a direct impact on students' psychophysiological health.

ABREVIATURAS

A-CEA - Escala de Afrontamiento de Estrés Académico

AV - atrioventricular

BSD - Binary Symbolic Dynamics

CAR - respuesta del cortisol

CRC - acoplamiento cardiorrespiratorio

CRS - sistema cardiorrespiratorio

DHEA- dehidroepiandrosterona

ECG - electrocardiograma

EDR - ECG-derived respiration

FC - Frecuencia Cardiaca

HF - alta frecuencia

HPA - eje hipotalámico-pituitario-adrenal

iAAFT - Amplitude Adjusted Fourier Transform

IRC - interacción cardiorrespiratoria

LF - baja frecuencia

MSE - Multiscale Entropy

OMS - Organización Mundial de la Salud

PA - Presión arterial

PRQ - Pulse-Respiration Quotient

SA - nodo sinoauricular

sAA - alfa-amilasa salival

SD - Symbolic Dynamics

SNA - Sistema Nervioso Autónomo

SNC - Sistema Nervioso Central

SNP - Sistema Nervioso Parasimpático

SNP - Sistema Nervioso Periférico

SNS - Sistema Nervioso Simpático

VFC - Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

VFR - Variabilidad de la Frecuencia Respiratoria

ÍNDICE

Contenido

1. MARCO TEÓRICO.....	9
1.1 ESTRÉS ACADÉMICO	9
1.2 RESPUESTAS PSICOFISIOLÓGICAS AL ESTRÉS ACADÉMICO	10
1.3 MEDICIONES PSICOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DEL ESTRÉS ACADÉMICO.....	12
1.3.1 <i>Indicadores psicológicos del estrés académico</i>	12
1.3.2 <i>Indicadores fisiológicos del estrés académico</i>	14
2 ANTECEDENTES: VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y ESTRÉS ACADÉMICO	16
2.1 VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA	16
2.2 VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA RESPIRATORIA (VFR) Y PULSE-RESPIRATION QUOTIENT (PRQ) 20	
2.3 LAS MATEMÁTICAS COMO ESTRESOR ACADÉMICO	20
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
4 JUSTIFICACIÓN	24
5 HIPÓTESIS	26
6 OBJETIVOS.....	27
6.1 OBJETIVO GENERAL	27
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
7 METODOLOGÍA	28
7.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	29
7.2 PRUEBAS PSICOLÓGICAS.....	32
7.3 REALIZACIÓN DEL ELECTROCARDIOGRAMA	34
7.4 PREPROCESAMIENTO DE LA SEÑAL	35
7.4.1 <i>Detección de picos</i>	35
7.4.2 <i>Filtro adaptativo</i>	35
7.5 ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA	36
7.5.1 <i>Parámetros lineales</i>	36
7.5.2 <i>Parámetros no lineales</i>	38
7.6 VFR Y PRQ	41
7.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
7.7.1 <i>VFC y A-CEA</i>	47
7.7.2 <i>VFR y PRQ</i>	49
8 RESULTADOS.....	50
8.1 PRUEBAS PSICOLÓGICAS.....	50
8.2 ANÁLISIS LINEAL DE LA VFC	51
8.3 ANÁLISIS NO LINEAL DE LA VFC	54
8.4 VFR Y PRQ	57
9 DISCUSIÓN.....	59
10 CONCLUSIÓN	64
11 TRABAJO A FUTURO	66

12	REFERENCIAS	67
13	ANEXO	77
13.1	CARTA DE CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO	77
13.2	ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	82
13.3	ESCALA DE AFRONTAMIENTO DEL CUESTIONARIO DE ESTRÉS ACADÉMICO (A-CEA)	89

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Estrés académico

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el estrés como las respuestas fisiológicas que preparan al organismo para la acción. Esto, ya que, en respuesta a la demanda del ambiente, el organismo realiza los procesos fisiológicos y psicológicos necesarios para actuar en consecuencia y que le permiten responder a las demandas del entorno (1). El estrés puede presentarse en diversas condiciones o frente a diferentes experiencias y el estrés académico es una de ellas.

El estrés académico puede ser definido como el malestar que el estudiante presenta debido a factores físicos, emocionales, ya sean de carácter interrelacional, intrarrelacional o ambientales que pueden ejercer una presión significativa en la competencia individual para afrontar el contexto escolar en el rendimiento académico, habilidad metacognitiva para resolver problemas, presentación de exámenes, relación con los compañeros y educadores, búsqueda de reconocimiento e identidad, habilidad para relacionar el componente teórico con la realidad específica abordada (2)

Nathaly Berrío y Rodrigo Mazo (3) define el estrés académico como un proceso sistémico de carácter adaptativo y esencialmente psicológico, que se presenta cuando el alumno se ve sometido, en contextos escolares, a una serie de demandas que, bajo la valoración cognitiva del propio alumno son considerados estresores; cuando estos estresores provocan un desequilibrio sistemático (situación estresante) que se manifiesta en una serie de síntomas (indicadores del desequilibrio); y cuando este desequilibrio obliga al alumno a realizar acciones de afrontamiento para restaurar el equilibrio sistémico (3).

El estrés académico se presenta de manera descriptiva en tres momentos (4):

1. Cuando el alumno se ve sometido, en el contexto de la escuela, a un conjunto de demandas que según su valoración considera estresores (entrada), al admitir que no cuenta con los recursos suficientes para realizarlas (4).
2. Los estresores causan un desequilibrio sistémico (situación estresante) a través de la manifestación de una serie de síntomas o reacciones (4).
3. El alumno se ve obligado a realizar acciones de afrontamiento (salida) para poder restaurar el equilibrio sistémico (4).

El estudiante realiza procesos cognitivos y afectivos en los que evalúa diversos aspectos del ambiente académico y los clasifica como amenazantes, como retos o demandas a los que puede responder de manera eficaz o no, además la apreciación realizada se relaciona con emociones de modo anticipatorio como la preocupación, ansiedad, confianza, ira, tristeza, satisfacción o alivio (5–7). Dado que una misma situación puede causar estrés en el alumno o no, dependiendo de su percepción, se puede considerar el estrés académico como un estado básicamente psicológico (8).

El estrés académico puede presentarse desde los grados preescolares hasta la educación universitaria y este va aumentando a medida que el grado de estudio lo hace, sin embargo,

cuando una persona está en un período de aprendizaje experimenta tensión en diferentes escenarios y sucede tanto en el estudio individual como en el aula (4,9,10).

Las manifestaciones que puede tener el estrés académico en los estudiantes se clasifican (8) en:

- Físicos: una reacción propia del cuerpo (8).
- Psicológicos: relacionados a las funciones cognitivas o emocionales del estudiante (8).
- Comportamentales: involucran la conducta de la persona (8).

Diferentes investigaciones (11–14) en estudiantes de licenciatura han considerado como estresores durante el periodo educativo al trabajo académico durante el semestre, a los periodos de evaluación, a las situaciones de la vida cotidiana, a los trabajos sobre matemáticas, a los primeros cursos de carrera, a las tareas de lógica y memoria, al examen oral, cuando hay deficiencias metodológicas del profesorado y cuando se obtienen resultados no satisfactorios (11–15).

Un reciente estudio (15) realizado en estudiantes de secundaria arrojó que algunas de las fuentes principales de estrés académico en su muestra son los profesores, la materia, las calificaciones, las tareas, autoexigencias y exámenes.

Algunos de los factores que se incluyen en el estrés académico son: moderadores biológicos (edad, sexo, etc.), psicosociales (patrones de conducta, estrategias de afrontamiento, apoyo social, etc.), psicosocioeducativos (autoconcepto académico, tipo de estudios, curso, etc.) y socioeconómicos (lugar de residencia, becas, etc.) (9,16,17). Estas variables moduladoras influyen en todo el proceso del estrés, desde que aparecen los factores causales, hasta las propias consecuencias, por lo que las distintas combinaciones pueden contribuir a que se afronte el estresor con más probabilidades de éxito (9,16,17).

A pesar de las investigaciones hechas sobre el estrés en la adolescencia en los distintos dominios y contextos vitales todavía no es clara la evolución en esta etapa y la interacción con los contextos, patrones de desarrollo y sexo (18).

1.2 Respuestas psicofisiológicas al estrés académico

La respuesta al estrés se puede dar de dos formas: aguda, semiaguda o crónica, dependiendo de la duración del factor estresante (19). El estrés crónico no es tan frecuente entre las poblaciones más jóvenes, aun así, se tendrían consecuencias más inmediatas que el desarrollo de una enfermedad física o mental reconocible (20). El estrés causado por las preocupaciones del rendimiento y trabajo escolar exigente se asocian particularmente con síntomas psicósomáticos (20).

La actividad del Sistema Nervioso Autónomo (SNA) se reduce y desequilibra en aquellas personas que son menos capaces de lidiar con el estrés repetido o enfrentar situaciones estresantes, en consecuencia, provoca ansiedad emocional, depresión y constante tensión del SNA. El resultado es la aparición de disfunciones o enfermedades mentales o físicas.

Un correcto manejo del estrés y las situaciones estresantes son esenciales para una buena salud (21).

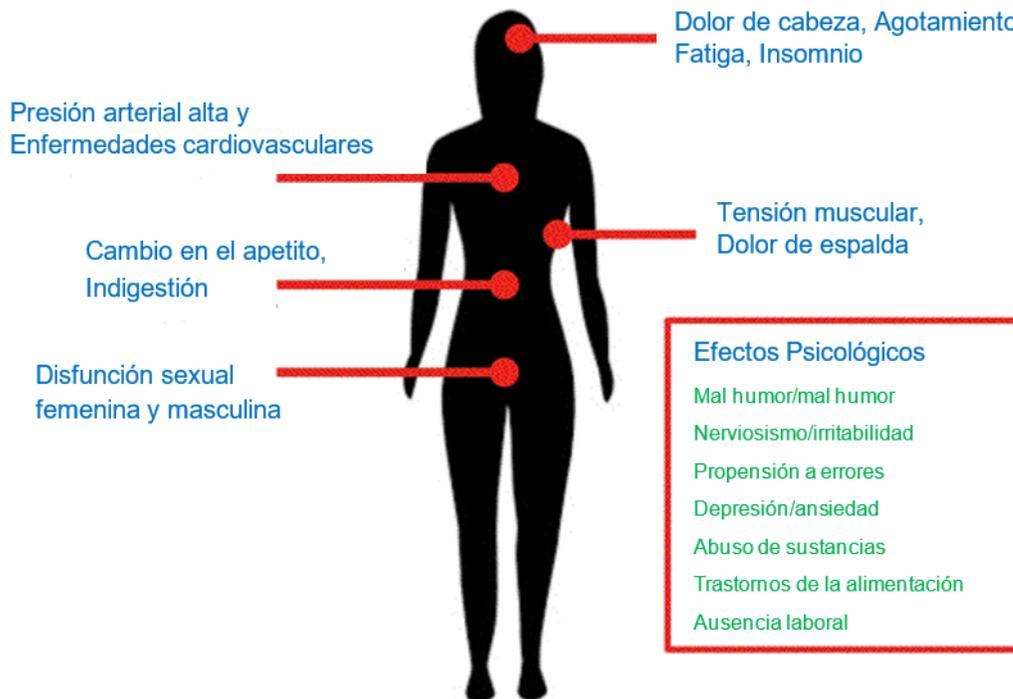


Figura 1. Efectos fisiológicos y psicológicos del estrés que se presentan en los seres humanos. Adaptado de "Stress Physiology: Understanding and Counteracting a Health Crisis" (22).

Las reacciones psíquicas al estrés incluyen la disminución de la memoria, vuelve difícil la capacidad de concentración y, por ende, incrementa el número de errores cometidos (Figura 1). El estrés académico también provoca la aparición de ansiedad, exceso de preocupación, bloqueo mental, un pensamiento lento y en escenarios catastróficos acompañados de inquietud, miedo o pánico, irritabilidad, y por último, disminución de la autoestima y constantes cambios de humor que de no tratarse existe la posibilidad de desarrollar depresión y labilidad emocional (1,8,15,23).

Las expresiones académicas del estrés son el bajo rendimiento escolar, desinterés profesional, absentismo escolar y en el peor de los casos deserción (24). Las reacciones conductuales más relevantes son deterioro del desempeño, aislamiento, desgano, tabaquismo, consumo de alcohol u otras sustancias nocivas para la salud, nerviosismo, aumento o reducción de apetito y sueño (25).

Las reacciones físicas que se pueden mencionar como consecuencia del estrés están mayormente ligadas al incremento de hormonas como el cortisol y la adrenalina que modifican la frecuencia cardíaca, la presión arterial y el metabolismo (26). Los síntomas más representativos del estrés académico son los dolores de cabeza, gastritis, aumento de la presión arterial, enfermedades crónicas, enfermedades cardíacas, trastornos metabólicos y hormonales y la disminución en la eficacia del sistema inmune (9,13,27).

Otros síntomas son morderse las uñas, temblores musculares, migrañas, insomnio, fatiga crónica, problemas de digestión, insomnio, somnolencia o mayor necesidad de dormir, taquicardia, sudoración, tics nerviosos, obesidad y sobrepeso, pérdida del cabello y aparición de caspa, menstruación irregular, enfermedades cardíacas, bruxismo, manos y pies fríos, diarrea o estreñimiento, tartamudeo, alteraciones de la piel, fatiga y sequedad de la boca (1,8).

El Sistema Nervioso Periférico (SNP) y Central (SNC) son factores importantes en una red compleja de reacciones involucradas en la respuesta del organismo al estrés psicológico (28). El cerebro recibe y procesa diversos impulsos neurosensoriales (corticales, límbicos, visuales, somatosensoriales, nociceptivos, viscerales, etc.) entre las que se incluyen las señales que provienen de la sangre (hormonas, citoquinas, mediadores) (28). Durante el estrés psicológico, el Sistema Nervioso Simpático (SNS) es el más relevante, principalmente el SNA, que es quien controla las funciones de los órganos internos a través de los sistemas nerviosos simpático y parasimpático (28). La respuesta al estrés agudo comienza captando el estímulo estresante, que comienza la transmisión de información desde la corteza cerebral hasta el núcleo del tronco encefálico y al puente de Varolio, donde las neuronas estimulan (utilizando receptores) la liberación de catecolaminas de la médula suprarrenal directo al torrente sanguíneo (28). La liberación de las catecolaminas afecta al organismo haciendo que el individuo esté más alerta y sea más precavido, los patrones de comportamiento defensivo se activan, normalmente con agresividad, provocando también el estímulo de los sistemas cardiovascular y respiratorio e inhibiendo el sistema gastrointestinal (28).

1.3 Mediciones psicológicas y fisiológicas del estrés académico

El estrés académico se evalúa, en muchos casos, mediante la aplicación de entrevistas e instrumentos de medición psicológica y la medición de respuestas físicas otro método en el cual se evalúa objetivamente los síntomas o signos fisiológicos y físicos que aparecen por el estrés, esto es mediante pruebas de la función endocrina, la función inmunitaria o el SNA (21).

1.3.1 Indicadores psicológicos del estrés académico

El estrés puede medirse observando los síntomas o con la aplicación de instrumentos psicológicos elaborados para tal fin, los cuales incluyen variables relacionadas con elementos estresores o estímulos presentes en el entorno educativo, así como los efectos en la salud y el bienestar psicológico sobre el funcionamiento psicoafectivo y cognitivo en el rendimiento académico y por variables mediadoras o modulares del estrés (29); en ocasiones pueden incluirse otro tipo de factores que forman parte de los principales indicadores asociados como por ejemplo la ansiedad mientras los sujetos realizan tareas específicas (30).

Los instrumentos psicológicos utilizados para el estrés académico pueden ser de diferentes tipos, entre ellos los más comunes son los cuestionarios de autoevaluación, los inventarios y las escalas, los cuales pueden utilizarse para identificar los cambios que provocan reacciones en el SNS desencadenadas por estrés crónico (30)

La mayoría de los instrumentos de evaluación psicológica del estrés académico están compuestos por preguntas a las cuales se les asigna una escala a las respuestas múltiples que se muestran, por lo general de tipo Likert, y posteriormente se realiza un análisis del puntaje obtenido siguiendo la interpretación propuesta por los autores que cumplen con aspectos de validez, confiabilidad y estandarización psicométrica para su uso en la evaluación y la investigación.

Algunos de los cuestionarios y escalas más conocidos dentro de las investigaciones del estrés académico son:

- Autoinforme de estrés percibido. Apto para aplicarse en hombre, mujeres y estudiantes (31).
- Escala de Apreciación del Estrés (EAE-G). La edad de aplicación es en adultos de 18 a 65 años (32).
- Escala de Afrontamiento del Estrés Académico, A-CEA. La edad de aplicación es de 17 a 48 años (16).
- Student Stress Inventory- Stress Manifestations (SSI-SM). Diseñado para identificar las manifestaciones de estrés dominantes en estudiantes adolescentes (33).
- Inventario de Estrés Académico (IEA). Dirigido a estudiantes (34).
- Inventario Sistemático Cognoscitivista para el estudio del estrés académico (SISCO). Dirigido a estudiantes (35).
- Escala de Estresores Académicos del Cuestionario de Estrés Académico (ECEA). Dirigido a estudiantes (36).

De los cuestionarios enlistados anteriormente algunos comenzaron dirigidos a estrés en estudiantes universitarios y posteriormente se planteó para estudiantes de niveles de educación menores.

Algunos autores (16) indican que hay tres grupos variables en la evaluación y explicación del estrés académico:

1. Los estresores o estímulos del entorno educativo experimentados por los estudiantes como sobrecarga o presión excesiva.
2. Las consecuencias del estrés académico sobre la salud o el bienestar psicológico de los estudiantes, sobre su funcionamiento cognitivo o socioafectivo, sobre el rendimiento académico, etc.
3. Las variables moduladoras o mediadoras del estrés como los recursos personales, las creencias de autoeficacia, el locus de control, la autoestima, el control percibido y el optimismo. Y los recursos sociales, el apoyo social, los recursos materiales y financieros (16).

El afrontamiento es un proceso esencial para controlar el estrés, regula las emociones suscitadas y evita la aparición de un estado de desequilibrio psicofisiológico (37). El afrontamiento es un proceso dinámico de carácter cognitivo y conductual que activa los recursos necesarios para enfrentar las demandas internas o externas (37).

Las principales estrategias de afrontamiento activo se podrían clasificar en tres grupos (16):

- Reevaluación positiva: Incluye a las acciones dirigidas a crear un nuevo significado de las situaciones que producen estrés, realzando su parte positiva y minimizando los aspectos negativos de la misma (16).
- Búsqueda de apoyo social: Se refiere a las conductas que poseen una doble función, una es la búsqueda de apoyo instrumental al problema (búsqueda de información adicional que contribuya a la resolución del problema) y el otro, la búsqueda de apoyo social emocional que se centra en la búsqueda de comprensión y alivio emocional por parte de otros (16).
- Planificación estratégica de recursos personales: Son aquellas acciones que se fundamentan la modificación de la situación problemática a partir de una aproximación analítica y racional (16).

Los criterios de evaluación de la eficacia del afrontamiento son: el bienestar del individuo (38,39) y la reducción del malestar, que se expresa a través de la reducción en la sintomatología psicofisiológica de naturaleza cognitiva, emocional, conductual y física (16,40).

La gestión del estrés y la elección de la estrategia más adecuada para su afrontamiento, sean adecuadas o no, es dependiente de la evaluación emocional y cognitiva que realiza cada individuo (41). Los recursos o factores internos de autorregulación y autoeficacia se relacionan con las diferencias de cada individuo vinculadas a la personalidad y por los acontecimientos vitales previos (42).

El emplear estrategias de afrontamiento, dirigidas a solucionar problemas, reduce los efectos o resultados del estrés y las consecuencias (o efectos a largo plazo) como síntomas depresivos, fóbicos y las sensaciones de malestar psicológico (43). En el caso contrario, los estudiantes que utilizan en menor medida estas estrategias o de aplican de manera inadecuada, y recurren a la evitación y la descarga emocional, presentan un mayor nivel de malestar y síntomas de somatización, depresión y ansiedad (43). Emplear estrategias de afrontamiento adecuadas al estrés académico provoca que los alumnos recuperen su estado de normalidad (41).

Un estudio realizado en durante la pandemia por COVID-19 encontró una alta correlación negativa entre el estrés académico y el afrontamiento no saludable (44). Mientas que otro estudio después de la pandemia indica una correlación significativa entre las estrategias de afrontamiento, el compromiso de los estudiantes y el estrés académico (45).

1.3.2 Indicadores fisiológicos del estrés académico

La comunidad científica ha propuesto utilizar sensores, sistemas electrónicos de medición y algoritmos de procesamiento de datos para adquirir y analizar diferentes señales fisiológicas y marcadores biológicos para complementar la evaluación por parte del profesional en psicología que utiliza entrevistas e instrumentos estandarizados y validados para realizar un diagnóstico (46).

Los estímulos estresantes provocan una reacción y activación del sistema simpático adrenal-medular y el eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) produciendo y liberando hormonas específicas modulando funciones del sistema inmunitario, el SNA, los niveles de hormonas hipotalámicas e hipofisarias, neuropéptidos, citoquinas, etc (47–50).

Los linfocitos, citocinas, neutrófilos, basófilos, granulocitos y células T auxiliares son células del sistema inmunitario que son sensibles al estrés, cuya afectación se ve de 45 minutos a 2 horas posteriores a la situación de estrés (51). Los aumentos de la secreción del cortisol son observables mediante estudios clínicos a nivel salival, plasmático y sérico (52). En saliva, los picos de cortisol se pueden encontrar comúnmente 10 minutos después de la exposición a una situación estresante (52). Las catecolaminas adrenalina y noradrenalina que son liberadas por el sistema simpático-adrenal-medular, se puede medir su aumento en sangre después de la situación estresante (52). Del mismo modo, el pico de la enzima alfa-amilasa se puede observar en sangre momentos después de la situación estresante (52).

Algunos estudios realizados en estudiantes antes de presentar un examen tienen como resultados que bajo situaciones de estrés los niveles altos de cortisol y dehidroepiandrosterona (DHEA) predijeron si un estudiante aprobaría el semestre en un 90% (53); un aumento de los niveles de citocinas proinflamatorias y Th2, además del factor de crecimiento nervioso β y una reducción brusca de cortisol salival posterior al examen (54); fuertes reducciones de los niveles séricos de MIF, MCP-3 y niveles de β -NGF dos días después del examen (55); una correlación entre estrés en los estudiantes y una disminución de linfocitos B CD19+ y disminución de la respuesta del cortisol (CAR) (56); una última investigación observó un gran aumento de los niveles de cortisol y de la alfa-amilasa salival (sAA) como resultado del examen (57).

La respuesta galvánica de la piel (GSR) es una medida de la actividad de las glándulas sudoríparas que están inervadas por el SNS (52). La respuesta del sistema respiratorio al estrés es asociada al aumento de la frecuencia respiratoria, si aumenta la carga mental la variabilidad respiratoria total también lo hace (58). Otras alteraciones fisiológicas son el tamaño de las pupilas, presión arterial y la actividad nerviosa simpática muscular y/o cutánea llamada microneurografía (19).

Para los efectos cardiovasculares el aumento de la frecuencia cardiaca ocurre durante la exposición a la situación estresante y a los 5 minutos de terminada regresa a su ritmo normal. La VFC brinda información sobre la actividad simpática y parasimpática, las medidas incluyen la potencia de alta frecuencia (HF) indicador de tono parasimpático y la potencia de baja frecuencia (LF) indicador de tono simpático (35). Además, la presión arterial sistólica y diastólica se ven aumentadas antes y durante la situación estresante (52). Estas últimas, la frecuencia cardíaca (FC) y presión arterial (PA) son los biomarcadores más utilizados en la detección del estrés y la ansiedad en los artículos de investigación (46).

La VFC se utiliza como un índice que evalúa la adaptabilidad fisiológica de la persona sometida a estrés y que conlleva cambios en el SNA (21). El análisis de la VFC es un método fiable, reproducible y no invasivo para evaluar cuantitativamente la actividad

simpática y parasimpática con objetividad los estados psicológicos y emocionales del individuo (21).

2 Antecedentes: variabilidad de la frecuencia cardíaca y estrés académico

2.1 Variabilidad de la Frecuencia cardíaca

A pesar de que el automatismo cardíaco es propio a diferentes tejidos que funcionan como marcapasos, la FC y el ritmo están bajo acción SNA. La frecuencia cardíaca es controlada por las ramas del SNS y el Sistema Nervioso Parasimpático (SNP) que trabajan en conjunto de manera equilibrada (59) (Figura 2).

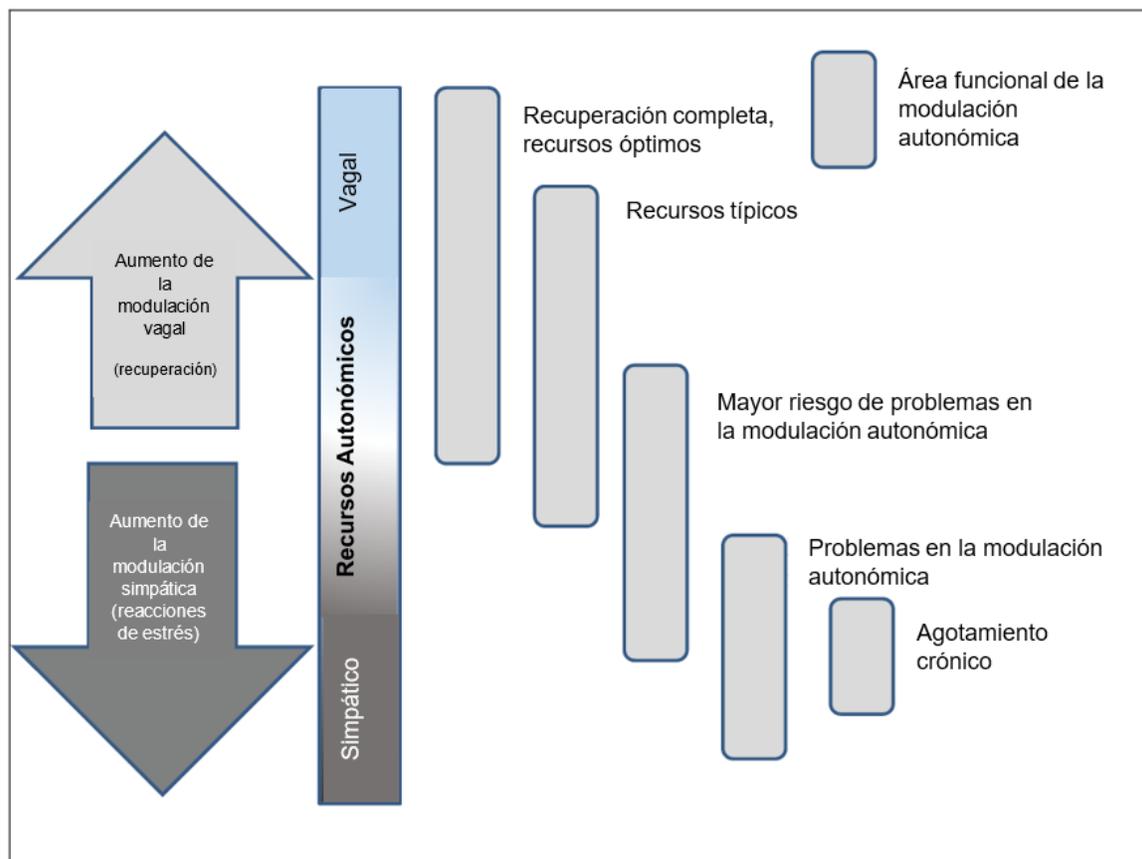


Figura 2. Efectos del aumento de la modulación simpática a causa del estrés. Adaptado de (60).

La rama parasimpática influye mediante la liberación de acetilcolina del nervio vago. Los receptores muscarínicos responden a la acetilcolina aumentando la conductancia de K^+ de la membrana celular (59). La rama simpática sobre la FC se realiza mediante la liberación de epinefrina y norepinefrina, los receptores β -adrenérgicos son activados por estas hormonas y se realiza una fosforilación de las proteínas de membrana mediante el AMPc (59).

El aumento de la actividad del SNS o la disminución de la actividad del SNP realizan una cardioaceleración, en caso contrario, la disminución del SNS y el aumento del SNP provocan un cardiodesaceleración. El SNS actúa en su mayoría sobre los músculos ventriculares y aumenta su contractilidad, aumenta la frecuencia de excitación, la velocidad de conducción de la excitación y la excitabilidad del SA (nodo sinoauricular). Cuando el sistema nervioso simpático se estimula al máximo la frecuencia cardíaca puede triplicarse y la contractilidad puede duplicarse en magnitud (19). El SNP actúa sobre los nodos SA y AV (atrioventricular) que reducen la FC (59).

La actividad vagal y simpática se encuentran interactuando con frecuencia. A consecuencia de la abundancia de acetilcolinesterasa en el nodo SA, el efecto del impulso vagal es de corta duración. En condiciones de reposo, las variaciones del ciclo cardíaco del corazón dependen en su mayoría de la modulación vagal, por encima de la actividad simpática (59). Las contribuciones rítmicas separadas de la actividad autónoma simpática y parasimpática son los responsables de la modulación de los intervalos de la frecuencia cardíaca del complejo QRS (21).

La VFC corresponde a las variaciones temporales de la frecuencia cardíaca o del intervalo latido-latido (R-R), y depende de fluctuaciones en la estimulación del SNA sobre el corazón (61). Además, es un marcador biológico del estrés en los seres humanos que puede ser obtenido a partir de un electrocardiograma (ECG). Las pruebas que se han realizado en la actualidad sobre neurobiología sugieren que la VFC es afectada por el estrés, y se apoya su uso para poder evaluar de manera objetiva el estrés (21), así mismo este marcador se hace presente de manera similar en el estrés académico. La VFC representa la capacidad del corazón para responder a una variedad de estímulos fisiológicos y ambientales (59).

Este marcador biológico se asocia a enfermedades que surgen por estados emocionales inestables y situaciones de estrés, y a su vez, se correlaciona con los estados mentales y psicológicos después de someter a los estudiantes a estresores (21).

Como indicador cardíaco la VFC baja transmite una frecuencia cardíaca monótonamente regular. Adicional, la VFC baja se asocia con funciones del SNA reguladoras y homeostáticas deterioradas, que reducen la capacidad del cuerpo para hacer frente a los factores estresantes internos y externos. Por lo tanto, VFC es un método electrocardiográfico no invasivo que se puede utilizar para medir el SNA en una variedad de situaciones clínicas (59). El estrés está asociado con variaciones en la actividad autonómica que interrumpen los procesos homeostáticos.

El método para obtener la VFC comienza calculando los intervalos R-R (Figura 3a) para obtener el tacograma (Figura 3b) que es la representación gráfica de estas variaciones temporales y a partir de la cual se pueden obtener los parámetros lineales, en dominio del tiempo (Figura 4a) y frecuencia (Figura 4b), y los no lineales (62). Estos parámetros son métodos cuya interpretación brinda información sobre la modulación de los sistemas simpático y parasimpático (62).

Además, se ha desarrollado un método (63) en el cual la VFC puede ser utilizada para conocer la actividad del nervio vago, el cual, es un componente clave del SNP que es

modificado en situaciones que causan estrés como se ha mencionado anteriormente. El principal componente de la VFC, que está originado en la actividad vagal, es la modulación cardiorrespiratoria y por ello la intensidad de la interacción es una medida fiable de la actividad vagal (63).

Son escasas las investigaciones que se han realizado sobre la VFC en niños, sin embargo, hay una gran prevalencia de problemas de estrés/salud mental en esta población (64).

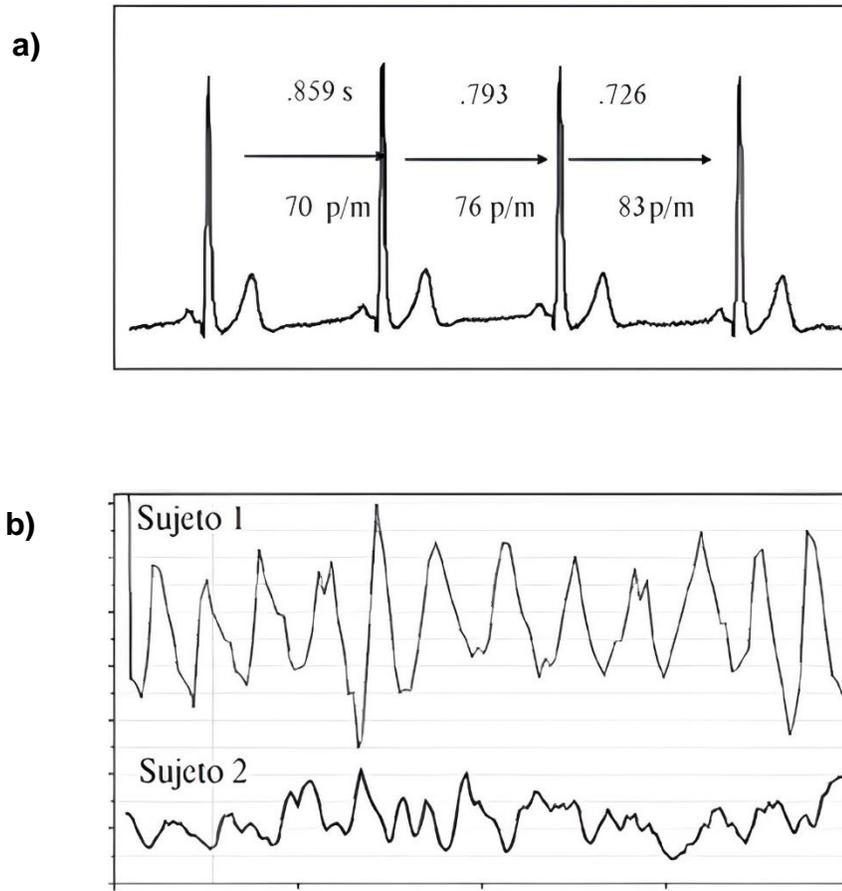
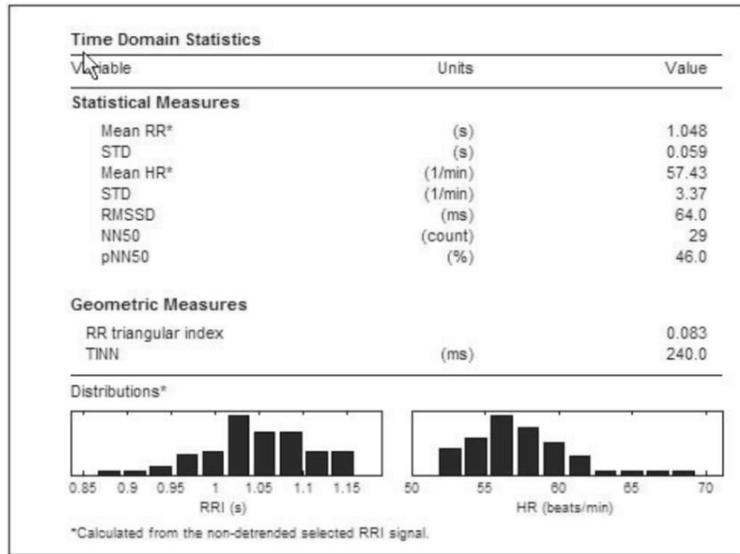


Figura 3. a) Representación gráfica de la obtención de los intervalos R-R donde la VFC se representa en segundos (s) y la FC en latidos por minuto (p/m). b) Ejemplo de tacogramas que representan la VFC a partir de intervalos RR para dos sujetos en reposo. De (62).

a)



b)

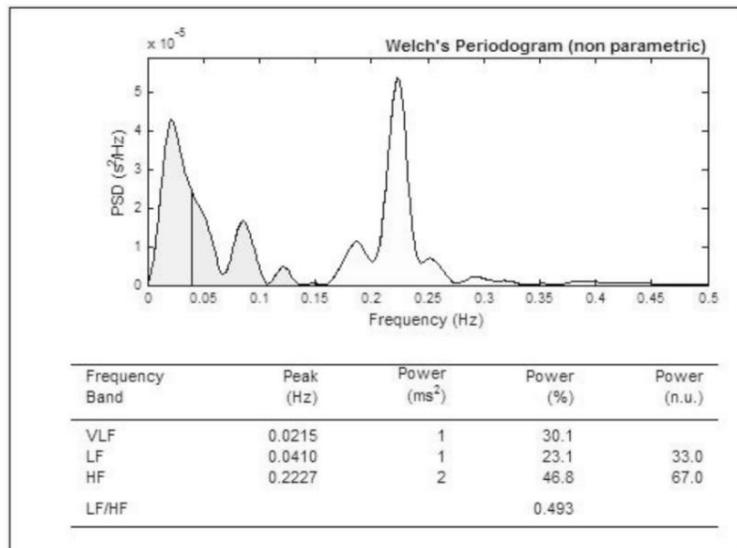


Figura 4. a) Se muestran los parámetros estándar del análisis en dominio del tiempo. b) Se muestran los parámetros estándar del análisis en dominio de la frecuencia y su representación gráfica. De (62).

2.2 Variabilidad de la Frecuencia Respiratoria (VFR) y Pulse-Respiration Quotient (PRQ)

La respiración autónoma está mediada por la demanda metabólica que, a través de la interacción entre el tronco encefálico, el sistema límbico y estructuras corticales provoca la contracción intermitente de los músculos inspiratorios y espiratorios. La respiración conductual, diferente a la respiración metabólica, es influida por los cambios ambientales internos y externos, un ejemplo son los cambios en las emociones como la tristeza, la felicidad, la ansiedad y el miedo (65).

El estrés académico es un factor que puede excitar fácilmente al sistema nervioso, provocando un desequilibrio en la regulación respiratoria. La Variabilidad de la Frecuencia Respiratoria (VFR) es una herramienta prometedora para análisis a corto plazo de alteraciones en el SNA (66).

La actividad cardíaca y la respiración forman un sistema dinámico no lineal complicado basado en dos osciladores que se encuentran débilmente acoplados (latido cardíaco y movimiento respiratorio) por distintos tipos estructurales y funcionales de interacción cardiorrespiratoria (IRC), que implica principalmente una interacción entre el sistema nervioso autónomo y el impulso respiratorio central, el corazón y los pulmones en la caja torácica y el sistema vascular (67–69).

A partir del IRC existen fenómenos emergentes de acoplamiento cardiorrespiratorio (CRC) que se caracterizan por relaciones muy específicas entre la actividad cardíaca y la respiración respecto a las diferencias de frecuencia, fase y tiempo entre los latidos cardíacos y los sucesos respiratorios (70).

El Pulse-Respiration Quotient (PRQ) es un parámetro poderoso para capturar los estados regulatorios complejos del sistema cardiorrespiratorio y cuenta con potencial para dar nuevos conocimientos sobre el funcionamiento del cuerpo (70).

El PRQ es sensible al estado del sistema cardiorrespiratorio (CRS), sistema cardiovascular y SNA, que están influenciados por diversos factores internos y externos. Se ha encontrado que el PRQ cambia durante el desarrollo humano, es dependiente del tiempo (ritmos ultradianos, circadiano e infradiano), muestra patrones específicos durante el sueño, cambia con la actividad física y la postura corporal, está relacionada con la actividad psicofísica y cognitiva, es dependiente del sexo y está determinada por la constitución fisiológica del individuo (70).

2.3 Las matemáticas como estresor académico

El estudio de las matemáticas ha sido y es aún una fuente de frustración y ansiedad para un número considerable de estudiantes en todos los niveles educativos (71).

La ansiedad por el aprendizaje de las matemáticas se refiere a la experiencia de ansiedad ligada a situaciones de aprendizaje, como escuchar una conferencia o leer un libro de texto. La ansiedad de evaluación matemática se refiere a la ansiedad derivada del potencial de evaluación, como hacer un examen o responder una pregunta en clase (72).

La mayoría de los estudiantes presentan ansiedad o nerviosismo al realizar algún examen de matemáticas, enfrentándose a esta situación de estrés y emociones negativas tales como enojo, frustración, y ansiedad, el ritmo del corazón se vuelve más errático y desordenado, indicando una desincronización entre el sistema parasimpático y simpático del sistema nervioso (72,73). Es decir, el estrés causa que el sistema se desincronice, no solo mental o emocionalmente sino psicológicamente (73).

Durante un estado de estrés emocional, el corazón transmite señales de desorden al cerebro y la actividad en el sistema nervioso es caótico o desincronizado, por tal razón las funciones cognitivas se inhiben o limitan la habilidad de pensar claramente, enfocarse, recordar, aprender o razonar, por tal razón al encontrarnos en estrés académico, se limita nuestra habilidad de pensar claramente y recordar información, por lo que se cometen más fácilmente errores (73). El mismo estrés académico hace que los alumnos se bloqueen y a pesar de haber estudiado y preparado para el examen, no reflejan su aprendizaje debido a esta situación de ansiedad (73).

Las valoraciones del estrés académico repercuten entonces en las respuestas biológicas. Mientras que el desafío se asocia con respuestas orientadas al acercamiento, como niveles más altos de hormonas anabólicas (por ejemplo, DHEA y testosterona) y niveles más bajos de hormonas catabólicas (por ejemplo, cortisol), la experiencia de la amenaza y la ansiedad conduce a respuestas orientadas a la evitación, indicadas por la disminución de las hormonas anabólicas y el aumento de las hormonas catabólicas (72). Los signos de excitación por estrés se presentan como herramientas de afrontamiento (por ejemplo, el ritmo cardíaco aumenta para incrementar el suministro de oxígeno al cerebro) (74).

De hecho, las personas que experimentan altos niveles de ansiedad matemática no solo muestran aversión por las matemáticas y evitan los cursos de matemáticas, sino que en entornos matemáticos también pueden experimentar respuestas neuronales similares al dolor (73).

Aunque se han dado pasos prometedores hacia el desarrollo de intervenciones para atenuar la ansiedad matemática y hacia una mejor comprensión de los factores moderadores, se sabe menos sobre cómo la ansiedad matemática se relaciona con los procesos de estrés, las respuestas neuroendocrinas, fisiológicas y del rendimiento en el aula (73).

En la Tabla 1. Se observan las investigaciones que se han realizado en torno a la VFC relacionada al estrés y/o ansiedad que producen el área de matemáticas.

Tabla 1. Principales instrumentos psicológicos y fisiológicos utilizados para la evaluación del estrés académico

Autores	Año	Población de estudio	Instrumentos psicológicos y fisiológicos utilizados	Principales Hallazgos
Jamieson et al. (72)	2020	478 estudiantes inscritos en cursos de matemáticas	Abbreviated Mathematics Anxiety Scale (AMAS), reactividad del cortisol y la testosterona	Los niveles más altos de ansiedad por el aprendizaje y la evaluación predijeron peores evaluaciones de estrés, puntajes más bajos en los exámenes y se manifestaron parcialmente a través de niveles más altos de testosterona (72)
Henderson et al (75)	2015	97 mujeres estudiantes de universidad	Niveles de IL-6 en trasudado de mucosa oral.	Los individuos estereotipados negativamente tienen vulnerabilidades al bajo rendimiento y aumentos en IL-6 bajo la amenaza de los estereotipos de género. (75)
Punita et al.(59)	2016	150 estudiantes de medicina	Cuestionario de estrés de los estudiantes de medicina, TP, LF, HF, LFnu, Hfnu, LF/HF, RR, SDNN, RMSSD, NN50, pNN50	Todos los índices del dominio de la frecuencia se redujeron con el aumento de la intensidad del estrés excepto Lfnu, que aumentó significativamente (59) .
Jamieson et al. (74)	2016	93 estudiantes	Adaptación para estrés en evaluaciones y Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS)	Los estudiantes educados sobre los beneficios adaptativos de la activación del estrés informaron menos ansiedad por la evaluación de matemáticas y exhibieron un mejor desempeño en el examen de matemáticas en relación con los controles (instruidos a ignorar el estrés) (74).
Michaels et al. (59)	2013	334 niños entre 5-10 años	Self-reported chronic stress aspects (events, emotions and problems), RMSSD, pNN50, LF, HF, Lfnu, Hfnu LF/HF	La HRV baja (actividad parasimpática más baja) podría servir como indicador de estrés en niños (59)

3 Planteamiento del problema

Hasta el momento no se conocen todas las posibles afectaciones psicofisiológicas del estrés académico que provoca el área de matemáticas en estudiantes de nivel básico en México. La frecuencia cardíaca y respiratoria, la VFC y la VFR son métodos utilizados para conocer la interacción del SNS y el SNP, los cuales, en situaciones de estrés se sabe que atraviesan por un desbalance ocasionando distintas afectaciones fisiológicas y psicológicas.

De los primeros estudios sobre el estrés académico que usa la VFC para conocer las modificaciones fisiológicas que producen antes de realizar un examen, tras el análisis estadístico concluyen que casi todas las características de la VFC que miden la complejidad de la frecuencia cardíaca disminuyeron significativamente en la sesión de estrés (76); en otros estudios (77–79), los participantes exhibieron un incremento en la presión arterial diastólica (77,78), presión arterial sistólica(78), presión arterial media (79), la frecuencia cardíaca (77–79) y diferencias significativas en los índices R-R promedio (77,79), SDNN (77,79), RMSSD (77), pNN50 (77,79), HF(ms²) (77), LF(ms²) (79) y LF/HF(77,78) comparado la medición basal y la medición tomada antes de realizar un examen.

Actualmente las investigaciones utilizan distintas pruebas fisiológicas y/o psicológicas que se relacionan con la respuesta ante el estrés académico. El análisis de la actividad cardiorrespiratoria que se ejecutan hoy en día comprenden principalmente al dominio del tiempo y al dominio de la frecuencia, sin considerar los métodos no lineales.

Existen pocos estudios que han evaluado la respuesta psicofisiológica al estrés académico a través de instrumentos psicológicos, la VFC y VFR en estudiantes de secundaria relacionados con el área de matemáticas.

En este estudio se busca encontrar nuevos índices de evaluación psicofisiológica con el propósito de tener una visión más amplia sobre el estrés académico provocado por la asignatura de matemáticas, a través de metodologías novedosas para evaluar la dinámica no lineal de las señales.

Pregunta de investigación

¿Cómo se modifica la respuesta psicofisiológica del estrés ante exámenes de matemáticas en estudiantes de secundaria?

4 Justificación

En México, las investigaciones sobre estrés académico se realizan con mayor frecuencia en estudiantes de nivel medio superior, licenciatura y posgrado. Sin embargo, se tienen datos de otros países de estudiantes de esta edad, un estudio reciente realizado a 240 estudiantes de secundaria que tomaban clases en línea en Indonesia se les clasificó de acuerdo con el puntaje obtenido en la Escala de Estrés Percibido (PSS)-10, obteniendo como resultado un 3.3% participantes con “Estrés bajo”, 37.9% con “Estrés moderado” y al 8.75% con “Estrés alto” (80). Otro estudio con 202 participantes realizado en Perú tuvo como resultado que el 98% de estos han experimentado estrés académico en diferentes intensidades: “siempre” (57,4%), “a menudo” (23,8%), “a veces” (16,8%) y “nunca” (2%), el instrumento utilizado fue un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas (15).

Los recientes resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) del año 2022 (81,82) muestran promedios inferiores a los de 2018 en las evaluaciones del área de matemáticas, esta caída revirtió la mayoría de los avances observados en el periodo 2003-2009. Además, casi todos los estudiantes disminuyeron su puntaje en el área de matemáticas, aquellos con alto desempeño disminuyeron en más de lo que hicieron los de bajo rendimiento (81–83). En comparación con el año 2012, en esta misma área, la proporción de estudiantes que obtuvieron puntuaciones por debajo de un nivel de competencia básico aumentó un 11%. Como último dato a resaltar, los estudiantes obtuvieron puntuaciones inferiores al promedio de la OCDE (69%) (81–83). Proyectado al futuro de los estudiantes el 40% de los egresados de bachillerato en México reporta que eligió su carrera con base en lo poco o nada que tienen de matemáticas (84).

Usando este panorama para desarrollar la investigación es una oportunidad para aplicar métodos no lineales poco convencionales de análisis para la VFC y VFR, complementándolo con indicadores psicológicos para obtener resultados más completos que guíen a posibles indicadores del estrés académico en jóvenes de nivel secundaria. Esta es una investigación multidisciplinaria en la cual los conocimientos sobre tecnología para realizar el ECG y los métodos matemáticos para el análisis de la VFC y VFR aportan más información al análisis del problema.

A partir de los resultados de la investigación desarrollada y las relacionadas a esta, se espera que logren en un futuro la innovación en tecnologías, algoritmos y métodos de reconocimiento de estrés que ayuden a prevenir o manejar situaciones estresantes evitando las afectaciones académicas.

Los jóvenes de la telesecundaria se verán beneficiados si se encuentran estos índices para poder tomar acciones en el manejo del estrés académico, que los lleven no solo a posiblemente reducir sus bajas notas en el área de matemáticas y problemas más graves como la deserción, sino que, además este aprendizaje se puede trasladar a otros ámbitos de su vida previniendo también la aparición de enfermedades mentales o físicas a largo plazo que se relacionan al estrés.

La importancia de realizarlo en el nivel de secundaria es porque es en este nivel donde existe una transición en la complejidad que operaciones matemáticas que se realizan dado

que en el nivel anterior solo formaban parte del plan de estudios las operaciones matemáticas básicas, y que, es a partir de este grado desde el cual se puede comenzar a prevenir o manejar las consecuencias que tiene el estrés para todos los demás grados académicos que se deseen estudiar.

5 Hipótesis

En consecuencia a la activación de SNS sobre el SNP a causa del estrés que provoca el examen de matemáticas se espera en primera instancia un aumento de la FC y con ello modificaciones en los índices del análisis de la VFC y VFR relacionados al SNA. En cuanto a las pruebas psicológicas, en la A-CEA se esperan puntajes bajos.

6 Objetivos

6.1 Objetivo general

Comparar la respuesta psicofisiológica del estrés académico en estudiantes de secundaria ante la aplicación de un estímulo estresor (examen de matemáticas) y sin estímulo estresor a través del análisis lineal y no lineal de las fluctuaciones cardiorrespiratorias, y la aplicación de una escala relacionada con el afrontamiento del estrés académico.

6.2 Objetivos específicos

- Crear una base datos de señales de electrocardiografía y de datos psicológicos en alumnos de secundaria a partir de un estresor y la Escala de Afrontamiento del Cuestionario de Estrés académico, A-CEA, con la finalidad de determinar la posibilidad de cuantificar la respuesta al estrés académico.
- Analizar la VFC y VFR calculando los parámetros lineales y no lineales para encontrar los posibles valores que indican estrés en los alumnos de secundaria.
- Aplicar métodos estadísticos a los parámetros lineales, no lineales y a los resultados de las pruebas realizando gráficos y tablas que ayuden a entender los valores finales que arrojó el estudio.
- Interpretar los resultados obtenidos de las pruebas fisiológicas y psicológicas justificándolos con la teoría para concluir con los posibles efectos del estrés sobre los alumnos y si es que fue posible cuantificar.

7 Metodología

De manera general, la metodología que se implementó en el proyecto, tuvo como primer paso una reunión con la directora de la Telesecundaria y las maestras de primer año; una vez obtenida la aprobación del comité de ética en investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma del Estado de México se realizó una reunión con los padres de familia y tutores legales de todos los alumnos de primer año, en esta se explicó el proyecto y se entregó la carta de consentimiento. Finalmente, se tuvo una reunión con todos los estudiantes para invitarlos a participar en el proyecto, explicar en qué consistía y repartir la carta de asentimiento.

En los días siguientes, se recolectaron las cartas de consentimiento y asentimiento con el fin de determinar el número de participantes y organizar los recursos requeridos para iniciar las mediciones. Cabe destacar que este protocolo de investigación está registrado ante el Comité de Ética en Investigación (CEI) de la Facultad de Medicina de la UAEMÉX, bajo el número CONBIOETICA-15-CEI-002-20210531.

La primera medición se realizó previo a la aplicación del examen de matemáticas para conocer las manifestaciones psicofisiológicas de los alumnos ante el posible estrés académico que genera una evaluación de esta área, así como lo han realizado otras investigaciones (76–79). Se descartó realizar la medición posterior al examen ante la probabilidad de que los estudiantes se sintieran menos estresados tras haberlo resuelto, del mismo modo se descartó realizar el registro durante el examen por cuestiones de logística, dado que solo se contó con un equipo de adquisición de ECG. Adicionalmente, las profesoras de primer año expresaron tener una preferencia por realizar el examen de matemáticas de manera simultánea a la mayor cantidad de alumnos posible para resolverlo en las mismas condiciones y también, para retrasar lo menos posible su planeación dando clases el resto del día.

En la etapa nombrada Examen se llevó a cabo del 27 de febrero al 13 de marzo de 2023 donde los participantes contestaron la entrevista socioeconómica (Anexo 13.2), la prueba psicológica (Anexo 13.3) y se les realizó un registro de ECG por 10 minutos. Posteriormente, los alumnos regresaron al aula a realizar su examen de matemáticas.

La segunda medición se realizó del 17 al 20 de abril de 2023, la semana posterior al periodo vacacional de Semana Santa, donde los estudiantes de nuevo contestaron la prueba psicológica y se les realizó el registro de ECG por 10 minutos. Finalmente, los alumnos regresaron al aula a continuar con sus clases.

Los resultados de las pruebas psicológicas fueron tratados por estudiantes de la Licenciatura en Psicología Biomédica de la Universidad Autónoma Metropolitana.

A partir de la señal de ECG se obtuvo la señal RR, se le aplicó un filtro adaptativo y se calcularon los índices lineales (en dominio de tiempo y frecuencia) y no lineales de la VFC.

Finalmente se realizaron pruebas estadísticas de los índices lineales, no lineales y de las pruebas psicológicas, se realizó una comparación de la etapa de Examen y No examen

buscando diferencias significativas que indiquen cambios psicológicos producto del estrés académico.

En el siguiente esquema (Figura 5) se presenta de forma resumida los pasos que se desarrollaron en el proyecto de investigación.

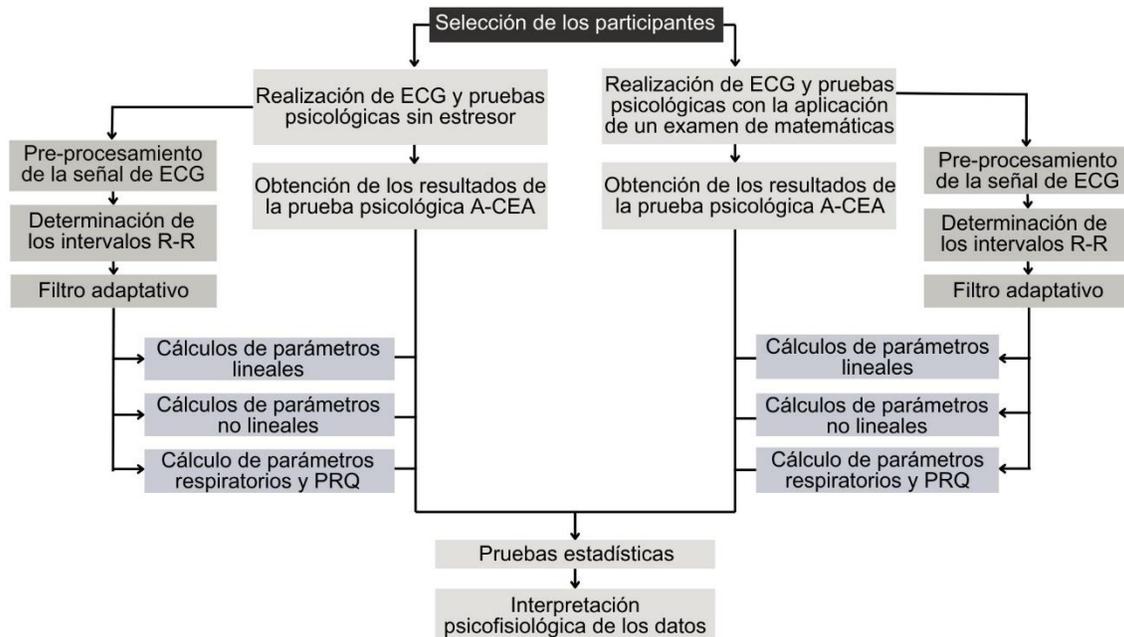


Figura 5. Esquema representativo de la metodología del proyecto de investigación.

7.1 Población de estudio

Tamaño de la muestra

El primer grado de la Telesecundaria “Ricardo Flores Magón” en Ocoyoacac está conformado por un total aproximado de 65 alumnos divididos en 3 grupos. Un total de 47 alumnos entregaron las cartas de consentimiento y asentimiento firmadas, con lo cual participaron en la primera etapa, para la segunda etapa 44 alumnos finalizaron su participación y por último se descartaron 2 registros por problemas con la señal de ECG. El número final de participantes que se incluyen en este proyecto es de 42.

Error de la muestra

Estableciendo el nivel de confianza de la muestra del 90%, al que corresponde el valor crítico Z de la tabla de distribución normal estándar de 1.645. Se calculó el error estándar con la Ecuación 1:

$$SE = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = \sqrt{\frac{0.5(1-0.5)}{42}} = 0.0771$$

Donde:

p: es la proporción de éxito (0.5)

n: es el tamaño de la muestra

Se aplica el factor de corrección para poblaciones finitas con la Ecuación 2:

$$FC = \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} = \sqrt{\frac{65 - 42}{65 - 1}} = 0.5994$$

Ecuación 2

Donde:

N: es el tamaño de la población

n: es el tamaño de la muestra

Finalmente se calcula el error muestral con la Ecuación 3:

$$E = Z * SE * FC = 1.645 * 0.0771 * 0.5994 = 0.076$$

Ecuación 3

Donde:

Z: es el factor crítico

SE: es el error estándar

FC: es el factor de corrección

Por lo que el error muestral es de 0.076 o 7.61%

Criterios de inclusión

Los participantes del estudio son estudiantes de primer grado de la Telesecundaria "Ricardo Flores Magón" ubicada en Ocoyoacac, Estado de México.

Criterios de exclusión

- Todos aquellos que presenten una patología cardíaca diagnosticada.
- Todos aquellos que presenten una patología cuyas afectaciones incluyen la disminución o aumento del ritmo cardíaco.
- Consumo regular de drogas, alcohol o tabaco.
- Consumo de medicamento que disminuya el ritmo cardíaco.
- Presentar un diagnóstico psicológico o un trastorno del neurodesarrollo.

Criterios de eliminación

- Todos aquellos que durante el periodo entre la primera y segunda adquisición de la señal y de las pruebas psicológicas fuera diagnosticado con una patología relacionada con el sistema cardiovascular (o que tengan afectaciones en este), trastorno del neurodesarrollo o diagnósticos psicológicos.
- Todos aquellos que hayan consumido antes de la adquisición de la señal y de las pruebas psicológicas medicamentos que modifiquen el ritmo cardiaco.
- Todos aquellos que no completaron su participación en ambas etapas.
- Todos aquellos que retiraron su consentimiento.
- Todos aquellos cuya señal de ECG en una o ambas etapas no se pudo realizar el análisis.

Pruebas piloto

Antes de tomar las mediciones en la Telesecundaria “Ricardo Flores Magón” se realizaron pruebas piloto entre los miembros del equipo de investigación con la supervisión de uno de los asesores. Se repitió varias veces el proceso que tendría que realizar el alumno: contestar los cuestionarios, la prueba psicológica, la toma de parámetros fisiológicos, poner electrodos y el ECG de 10 minutos. Lo anterior con el propósito de conocer el tiempo que tomaba cada actividad, mejorar la logística y tener el material que se necesitaría.

Encuesta

Los datos que se consideraron relevantes sobre la población de estudio se recabaron a través de un instrumento *ad hoc* donde se recolectaron datos socioeconómicos, sociales y económicos, a través de los mismos alumnos. También se recopiló información adicional por parte de sus padres y de los profesores de la telesecundaria sobre diagnóstico de ansiedad u otro tipo de trastorno de cada estudiante.

Datos clínicos

Previo al ECG se le preguntó a cada participantes edad, sexo y se consultó sobre la ingesta de medicamento en las últimas 24 horas que pudiera producir alteraciones de la frecuencia cardíaca. Posteriormente se tomó la presión arterial en el brazo derecho descubierto con un monitor de presión arterial automático marca OMRON (Hem-7120, OMRON, Kioto, Japón), durante este proceso, los participantes permanecieron sentados, con la espalda erguida y recargada en el respaldo de la silla, las plantas de los pies puestas completamente sobre el piso, con el brazo derecho apoyado sobre una mesa que tenían frente a ellos, sin hablar ni moverse. Una vez obtenida la medición, se les pidió subir a una báscula marca Weightcare (WCS 220, Weightcare, H.U.T International, México) y finalmente ponerse de espaldas a una cinta métrica colocada en la pared para medir su estatura.

Lugar de adquisición

El ECG y la prueba psicológica se realizaron en un salón individual, con iluminación natural, sin presencia de ruido y sin distractores. Se colocó una camilla para que los participantes pudieran colocarse en decúbito supino durante el registro de ECG, así como una silla y una mesa para adoptar una posición adecuada durante la toma de presión arterial. Dentro del mismo salón, pero en otra zona se colocaron dos estaciones lo suficientemente separadas para que no se escucharan las respuestas de los participantes, cada estación contenía una mesa y dos sillas, una para el participante y otra para el estudiante de psicología biomédica, con el propósito de tener una posición cómoda para responder los cuestionarios y la prueba psicológica. Adicional, se colocaron sillas para los participantes que esperaban para realizarles el ECG y para aquellos que esperaban a ser llevados de regreso a su salón de clases.

El horario de las mediciones en la primera etapa fue de 8:30 a 11:30 a.m para dar tiempo de que se realizara el examen de 12:00 a 1:00 p.m. En la segunda etapa fue de 8:30 a 12:30 p.m aproximadamente.

7.2 Pruebas psicológicas

La participación de los estudiantes comenzaba con la aplicación de la prueba psicológica y una encuesta socioeconómica (solo en la primera etapa), la Escala de Afrontamiento del Cuestionario de Estrés académico, A-CEA fue aplicada por 2 alumnas de la Licenciatura en Psicología Biomédica de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma.

Cada una de las estudiantes daba indicaciones a un participante, les realizaba las preguntas y anotaba las respuestas para asegurar que estos comprendieran lo que se les preguntaban, no tuvieran dudas y reflexionaran lo que responderían.

La A-CEA es una escala para medir el tipo de estrategia que utilizan los estudiantes para afrontar el estrés académico, está compuesta por 23 ítems en total los cuales se dividen en tres subescalas: Reevaluación positiva (9 ítems), Búsqueda de apoyo (7 ítems) y Planificación y gestión de los recursos personales (7 ítems) (16). Cada reactivo puntúa sobre una escala de estimación tipo Likert de 5 puntos (1 = nunca, 2 = alguna vez, 3 = bastantes veces, 4 = casi siempre y 5 = siempre) el resultado de todo el cuestionario va de los 23-115 puntos (85).

El estudio realizado por Cabanach en 2010 (16), obtiene como resultados la consistencia interna de la escala, utilizando el Alpha de Cronbach, con los valores que se presentan a continuación:

- Para el factor RP se tiene un valor Alpha de 0.864
- Para el factor BA se tiene un valor de Alpha de 0.906
- Para el factor P se tiene un valor de Alpha de 0.837
- Para el total de los 23 ítems que componen la escala definitiva se tiene un valor de Alpha de 0.893

Además, se realizó un análisis de consistencia interna utilizando el Alpha de Cronbach para validar este instrumento en la población de los estudiantes en el ámbito de la secundaria en donde los valores encontrados fueron:

- Para el factor RP se tiene un valor Alpha de 0.72
- Para el factor BA se tiene un valor de Alpha de 0.88
- Para el factor P se tiene un valor de Alpha de 0.81
- Para el total de los 23 ítems se tiene un valor de Alpha de 0.90

Estos resultados nos muestran que la A-CEA es un instrumento altamente confiable que puede ser utilizado en dicha población estudiantil.

El cuestionario trata de medir en qué grado el estudiante emplea ciertas estrategias de afrontamiento cognitivas, conductuales y sociales para dar respuesta al estrés académico (37). El puntaje mínimo obtenido significa que “nunca” se utilizan estas estrategias y el puntaje máximo obtenido significa que “siempre” utilizan estas estrategias de afrontamiento cuando están estresados por cuestiones académicas. Además, brinda información sobre la regulación de las emociones estresantes y la modificación de la relación entre la persona y el ambiente que causa estrés dependiendo del tipo de estrategia o estrategias que utilizó cada estudiante (16).

Tomando en cuenta lo anterior, a partir de los cuartiles del puntaje de la escala se establecieron rangos para clasificar a los participantes del estudio en: Bajas estrategias de afrontamiento (de 23-54 puntos), Medianas estrategias de afrontamiento (de 55-85 puntos) y Altas estrategias de afrontamiento (de 86-115 puntos) (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de los participantes en la etapa de Examen y No examen de acuerdo con el puntaje obtenido en la A-CEA.

Clasificación	Puntaje	Etapa	
		Examen (M=14 y H=28)	No examen (M=14 y H=28)
Bajas estrategias de afrontamiento	23-54	7	6
Medianas estrategias de afrontamiento	55-85	28	28
Altas estrategias de afrontamiento	86-115	7	8

M: número de mujeres y H: número de hombres.

7.3 Realización del electrocardiograma

El registro se llevó a cabo con la tarjeta de Ganglion de OpenBCI (OpenBCI Ganglion Board 4-channel, OpenBCI, Brooklyn, NY, EE.UU.) con una frecuencia de muestreo de 200Hz y el software de OpenBCI. Se adquirió la derivación DI en dos canales para tener una señal de respaldo, en la mayoría de los registros se utilizó la señal del primer canal (Figura 7), en caso de tener mucho ruido o presentar fallas, se utilizó la señal del segundo canal (Figura 7).

El registro de ECG (10 minutos) se realizó de 4 horas a 20 minutos aproximadamente antes de que se realizara el examen de matemáticas. El procedimiento se describe en la Figura 6 y la ubicación de los electrodos en la Figura 7.



Figura 6. Diagrama del procedimiento que se realizó para el registro de ECG.

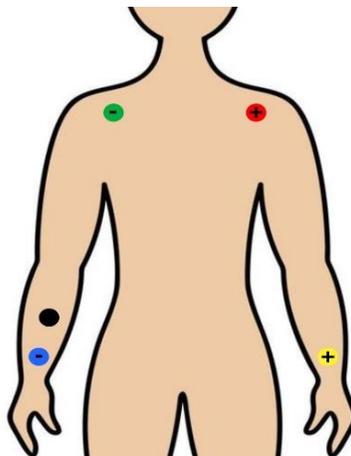


Figura 7. Representación de la posición de los electrodos. El electrodo verde (negativo) y el rojo (positivo) corresponden al primer canal de adquisición. El electrodo azul (negativo) y amarillo (positivo) corresponden al segundo canal de adquisición. El electrodo negro corresponde a la tierra.

7.4 Preprocesamiento de la señal

7.4.1 Detección de picos

Se utilizó el algoritmo de Pan-Tompkins en MATLAB (The Mathworks Inc., Natick, Massachusetts, Estados Unidos), el cual primero realiza un filtrado paso banda (5-15 Hz), después utiliza un filtro derivador para resaltar el complejo QRS, en el siguiente paso eleva al cuadrado la señal, promedia la señal del ruido (0.150 segundos de duración) y, dependiendo de la frecuencia de muestreo de la señal, se cambian las opciones de filtrado para acoplarse mejor a las características de la señal. A partir de este último paso se realiza la detección de picos, se descartan aquellos que no corresponden al complejo QRS y se refina la localización temporal de los picos. Al finalizar, se obtiene una matriz que contiene en la primera columna la posición temporal del pico R y en la segunda columna su amplitud (86).

Señal R-R

La señal R-R se obtuvo utilizando la función *diff* de MATLAB que obtiene el valor absoluto de la resta de un valor en el vector y el siguiente, así, se tiene como resultado la diferencia temporal entre cada latido del participante.

7.4.2 Filtro adaptativo

Filtro adaptativo

Se usó el comando *ada_f* que contiene a un filtro adaptativo con el propósito de eliminar los artefactos y valores ectópicos adicionales para la variabilidad de la frecuencia cardíaca: complejos ventriculares prematuros (87).

El procedimiento que realiza el filtro es:

1. El filtro porcentual adaptativo:

1.1 Utiliza el tacograma para calcular la serie binomial filtrada (Ecuación 4), la media adaptativa (con $c = 0.05$) (Ecuación 5), la desviación estándar adaptativa (Ecuación 6) y el segundo momento adaptativo (Ecuación 7).

$$t(n) = \frac{X(n-3)+6X(n-2)+15X(n-1)+20X(n)+15X(n+1)+6X(n+2)+X(n+3)}{64}$$

Ecuación 4

$$Ua(n) = Ua(n-1) - c * (Ua(n-1) - t(n-1))$$

Ecuación 5

$$Ca(n) = \sqrt{Ua(n)^2 - ; a(n)}$$

Ecuación 6

$$; a(n) = ; a(n-1) - c * (; a(n-1) - t(n-1))^2$$

Ecuación 7

1.2 El intervalo RR ($X(n)$) se clasifica como anormal si se cumplen las siguientes desigualdades de la Ecuación 8 y Ecuación 9.

$$|X(n) - X(n-1)| > p * \frac{X(n-1)}{100} + Cf * Ca_{media}$$

$$con: p = 10 \text{ y } Cf = 3.0$$

Ecuación 8

$$|X(n) - Xlv| > p * \frac{Xlv}{100} + Cf * Ca_{media}$$

Ecuación 9

Los valores reconocidos como anormales se reemplazan con un número aleatorio a partir de la Ecuación 10 para evitar falsas variaciones disminuidas.

$$[Ua(n) - 0.5 * Ca(n), Ua(n) + 0.5 * Ca(n)]$$

Ecuación 10

2. El filtro de control adaptativo: A partir de la serie temporal resultante $X(n)$ del filtro porcentual adaptativo, la serie filtrada binomial y el filtro adaptativo respectivo se calculan de nuevo el valor medio porcentual y la desviación estándar.

2.1 Se considera que el valor $X(n)\%$ no es normal si cumple con la Ecuación 11.

$$|X(n)\% - Ua(n)| > Cf1 * Ca(n) + Cb;$$

$$con: Cf1 = 3.0 \text{ y } Cb = 20 \text{ ms}$$

Ecuación 11

2.2 Los valores anormales se reemplazan con los valores respectivos de la serie filtrada binomial.

7.5 Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca

7.5.1 Parámetros lineales

Los parámetros lineales de la VFC fueron calculados mediante KUBIOS, un software para el procesamiento del ECG con herramientas detalladas de análisis de la VFC (88). En la Tabla 3 y Tabla 4 se muestran los índices lineales en dominio de tiempo y frecuencia que se utilizaron en este trabajo.

Tabla 3. Índices lineales de VFC en dominio de tiempo (61)

Índice	Unidades	Definición operacional	Definición conceptual	Sistema modulador
SDNN	ms	Desviación estándar de todos los R-R	Variabilidad total del sistema	Simpático y parasimpático
RMSSD	ms	Raíz cuadrada del promedio de las diferencias de R-R sucesivos al cuadrado	Fluctuaciones de alta frecuencia (corto plazo)	Parasimpático
NN50	n	Número de los R-R >50 ms	Fluctuaciones de alta frecuencia (corto plazo)	Parasimpático
pNN50	%	Proporción de R-R de duración >50 ms	Fluctuaciones de alta frecuencia (corto plazo)	Parasimpático

Tabla 4. Índices lineales de VFC en dominio de la frecuencia (61)

Índice	Unidades	Definición operacional	Definición conceptual	Sistema modulador
LF	ms ² /Hz	Poder espectral (varianza) del ritmo cardíaco en la banda de frecuencia baja (0.04-0.15 Hz)	Variabilidad total, fluctuaciones de baja frecuencia	Simpático y parasimpático
LF	UA	Valor del componente LF relativo a la varianza total sin el componente del VLF	Variabilidad total, fluctuaciones de baja frecuencia.	Simpático y parasimpático
HF	ms ² /Hz	Poder espectral (varianza) del ritmo cardíaco en la banda de frecuencia alta (0.15-0.40 Hz)	Variabilidad total, fluctuaciones de alta frecuencia (arritmia respiratoria)	Parasimpático
HF	UA	Valor del componente HF relativo a la varianza total sin el componente del VLF	Variabilidad total, fluctuaciones de alta frecuencia (arritmia respiratoria)	Parasimpático

R-R: intervalo entre latidos normales; ms: milisegundos; UA: unidades arbitrarias.

En la Figura 8 se muestra la interfaz de KUBIOS y los parámetros calculados en este a partir de la señal R-R obtenida del ECG de 10 minutos de cada participante en ambas etapas.

Time-Domain Results			Frequency-Domain Results				
Variable	Value	Units	VLF	LF	HF	LF/HF	
Mean RR*	866.33	ms					
SDNN	87.107	ms					
Mean HR*	69.257	beats/min					
STD HR	1.7471	beats/min					
Min HR	59.230	beats/min					
Max HR	84.986	beats/min					
RMSSD	86.883	ms					
lnNxx	393						
pNlnxx	57.456	%					
HRV triangular index	17.564						
TINN	429.00	ms					
Stress index	5.8997						

Variable	VLF	LF	HF	LF/HF
Peak (Hz)	0.0066667	0.14333	0.22667	
Power (ms2)	1864.5	1479.0	3561.3	0.41529
Power (log)	7.5308	7.2991	8.1779	
Power (%)	26.989	21.408	51.548	
Power (n.u.)		29.321	70.603	

Variable	VLF	LF	HF	LF/HF
Peak (Hz)	0.0033333	0.040000	0.21667	
Power (ms2)	1732.8	1471.0	3832.7	0.38380
Power (log)	7.4575	7.2937	8.2513	
Power (%)	24.615	20.897	54.446	
Power (n.u.)		27.720	72.224	

Figura 8. Interfaz de Kubios donde se muestra (en amarillo) los parámetros que se calcularon usando dicho programa.

7.5.2 Parámetros no lineales

Los parámetros no lineales de la VFC se calcularon mediante *PyBioS*, un software para el análisis de señales cardiovasculares con 8 diferentes herramientas para el preprocesamiento y cuenta con 15 métodos para el análisis no lineal (89).

Los parámetros no lineales que se calcularon en *PyBioS* son:

Sample Entropy: estimadores de entropía condicional, que representan la irregularidad o imprevisibilidad de las señales. Ambos métodos calculan la probabilidad de que patrones similares de m longitud sigan siendo similares para $m + 1$. Dos patrones se consideran similares cuando la diferencia máxima entre sus puntos correspondientes (d) es mayor que el factor de tolerancia (r) (89).

Multiscale Entropy (MSE): Es un algoritmo utilizado para calcular en nivel de no uniformidad o imprevisibilidad de una serie de tiempo a diferentes escalas (90). Cada punto de una serie de tiempo es estimado usando la Ecuación 12.

$$y_j^{(\tau)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=(j-a)\tau+1}^{j\tau} x_i, \quad 1 \leq j \leq N/\tau$$

Ecuación 12

Donde τ significa el factor escala ($\tau = 1$ a 20), $\frac{N}{\tau}$ es el tamaño de cada serie de tiempo para $1 \leq j \leq N/\tau$, x_i es el elemento inicial de cada serie de tiempo y j es un elemento en la serie de tiempo creada (90).

Para utilizar este método, primero se emplea el método Iterative Amplitude Adjusted Fourier Transform (iAAFT) a 100 iteraciones, se generan 200 señales de RR con las mismas características para aplicar la MSE con un valor de $r = 0.15$ y $m = 2$. Posteriormente, se evalúa la hipótesis nula de la dinámica lineal en la cual, si el valor original de la MSE es menor que el 5° percentil del conjunto de las 200 señales generadas aleatoriamente, la hipótesis nula de la dinámica lineal es refutada.

Symbolic dynamics: Primero se genera una señal de símbolos a partir de la señal original (que es de grano grueso), después se evalúan todas las secuencias de la señal simbólica y se clasifican en una familia de patrones, dependiendo las reglas del método, finalmente se calcula el porcentaje de aparición de patrones dentro de cada familia y así se representan las propiedades de la dinámica. Los métodos que se emplean en PyBioS son 'Max-Min', 'Sigma' y 'Equal Probability', en todos estos todas las secuencias se cuantifican y clasifican en: 0V (variación cero) en el caso que los símbolos son iguales, 1V (una variación) en el caso que dos símbolos consecutivos son iguales y el restante es diferente, 2LV (dos variaciones similares) en el caso que la secuencia representa una rampa ascendente o descendente y 2UV (dos variaciones diferentes) en el caso donde la secuencia representa un pico o un valle. Los resultados devuelven en porcentaje de patrones dentro de cada familia (89).

PyBioS proporciona tres métodos de asimetría: los índices de Porta, Guzik y Ehlers. Considerando la señal de diferencia Ecuación 13.

$$\Delta y[n] = y[n + 1] - y[n], 0 \leq n \leq L - 2$$

Ecuación 13

Donde:

L : es la longitud de y

Definiendo $\Delta y +$ y $\Delta y -$ como una señal con solo los valores positivos y negativos de Δy , respectivamente.

Porta se calcula con la Ecuación 14.

$$P = \frac{100 \times N(\Delta y -)}{N(\Delta y \neq 0)}$$

Ecuación 14

Donde:

$N(\Delta y -)$: es el número de puntos en $\Delta y -$.

$N(\Delta y \neq 0)$: es el número de valores en Δy diferente de 0.

Guzik se define con la Ecuación 15.

$$G = 100 \times \frac{\sum_{i=0}^{N(\Delta y^+)} (\Delta y[i]^+)^2}{\sum_{i=0}^{N(\Delta y)} (\Delta y[i])^2}$$

Ecuación 15

Ehlers se calcula con la Ecuación 16.

$$E = 100 \times \frac{\sum_{i=0}^{N(\Delta y)} (\Delta y[i])^3}{\sum_{i=0}^{N(\Delta y)} (\Delta y[i]^2)^{3/2}}$$

Ecuación 16

En el programa de PyBioS se introdujo la señal R-R obtenida de cada participante en ambas etapas y se seleccionaron las casillas de los métodos que se requería utilizar tal como se muestra en la Figura 9.

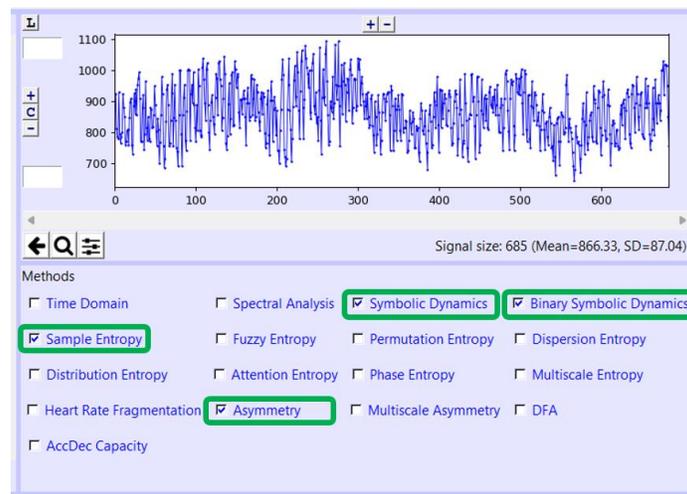


Figura 9. Programa PyBioS donde se señala en recuadros verdes lo índices que se calcularon para todos los participantes en las etapas de Examen y No examen.

Para el análisis de la MSE se crearon en PyBioS 200 señales con el método IAAFT, el siguiente paso fue seleccionar la señal original y las generadas aleatoriamente para hacer el cálculo de la MSE (Figura 10). Posteriormente se evaluó la hipótesis nula de la dinámica lineal para obtener el promedio de MSE para cada escala y el porcentaje de no linealidad (Figura 10).

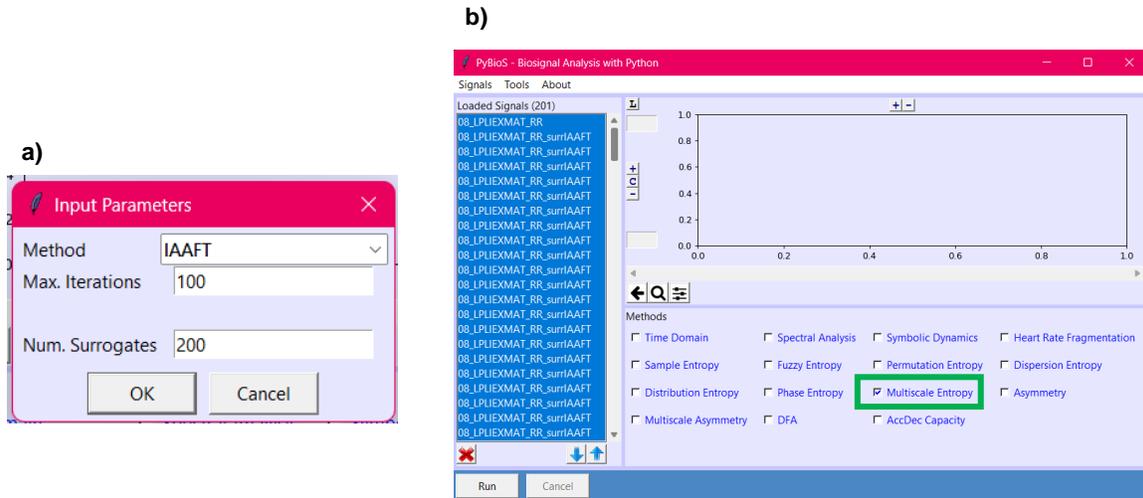


Figura 10. a) Se muestra la ventana en la cual se da la instrucción para crear las 200 señales R-R. b) Se muestra la interfaz de PyBioS con la señal original y las 200 señales R-R recién generadas para realizar el cálculo de la MSE señalado en verde.

Actividad vagal: se obtuvo utilizando la Ecuación 17 programada en MATLAB a partir de la serie R-R.

$$\text{Actividad vagal} = \log_{10}(\text{mediana}_{10 \min} |RR_{i+1} - RR_i|)$$

Ecuación 17

7.6 VFR y PRQ

Para este análisis se seleccionó a un grupo de participantes de cada etapa cuyas señales de ECG tuvieran menos ruido y necesitaran del menor filtrado posible. El método utilizado para la extracción de la señal respiratoria es muy sensible a los cambios en la amplitud de los picos R, como consecuencia, se tiene la posibilidad de no obtener la señal u obtenerla de manera incorrecta si se llegan a realizar demasiadas modificaciones con el filtrado a la señal de ECG. En la etapa de Examen se seleccionaron 8 participantes y 11 participantes en la etapa de No examen.

ECG-derived respiration (EDR)

La señal de la respiración se obtuvo a partir de las señales de ECG utilizando una función de MATLAB, la cual obtiene la respiración derivada del ECG (EDR) con las variaciones de las amplitudes del pico R inducidas por la respiración (91).

Este algoritmo elimina la línea base del ECG utilizando un filtro de mediana de orden, se sustrae del ECG original el ECG filtrado para tener como resultado el ECG sin línea de base donde los picos R y S se pueden ver fácilmente. Se obtuvieron las amplitudes de los picos R en función del tiempo (considerando solo aquellos que superaron el umbral del 25%

de máximo global). Finalmente se eliminaron los latidos ectópicos con un filtro adaptativo (91).

Se transformó a una serie temporal equidistante la serie de amplitudes de los picos R con una frecuencia de muestreo de 10Hz, utilizando interpolación de *spline* cúbica. A esta serie se le aplican dos filtros Butterworth, un paso alto con frecuencia de corte de 0.2Hz y un paso bajo con una frecuencia de corte de 0.4Hz. Para obtener la señal respiratoria (EDR), la señal filtrada fue normalizada por el percentil 75% de todos los máximos locales (91).

Para realizar el análisis de la respiración se obtienen las crestas que corresponden a la fase de inspiración con la función *findpeaks* de MATLAB, se eliminaron del listado a aquellos cuyo valle no fue menor a 0 (Figura 11). Posteriormente, se realizó la diferencia en tiempo entre una cresta y la siguiente, o sea, la diferencia temporal de una inspiración y la siguiente (InIn), a este nuevo vector se le aplicó un filtro adaptativo.

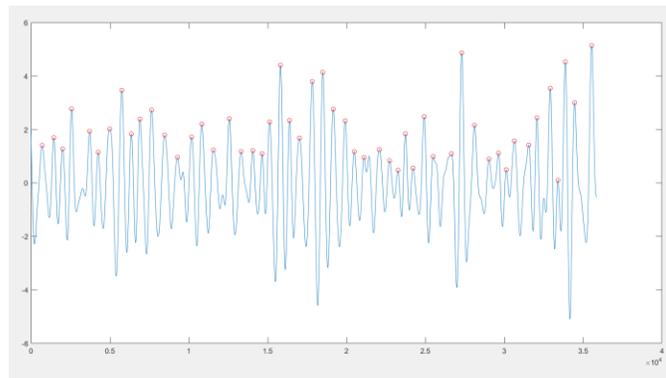


Figura 11. Captura de MATLAB donde se muestra el resultado de la obtención de la señal respiratoria a partir del ECG (en azul) y la fase inspiratoria (círculos rojos).

Señal respiratoria cuadrada

Se generó un vector del tamaño de la señal RR del participante, este vector se llenó con los valores de la diferencia entre una inspiración y la siguiente, los límites en tiempo son los valores RR, es decir, que este nuevo vector toma el primer valor de la señal InIn y lo reproduce el número de veces que el primer valor de RR indique, así sucesivamente. Lo que se obtuvo es una señal cuadrada de la respiración de la misma longitud que la señal de RR como se muestra en la Figura 12.

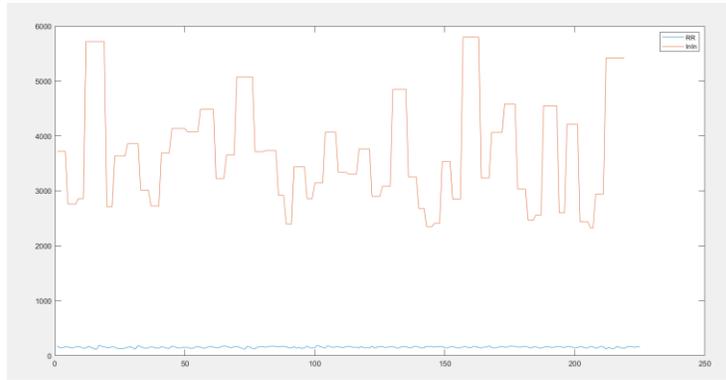


Figura 12. Captura de MATLAB donde se muestra el resultado de la obtención de la señal $\ln \ln$ cuadrada (en rojo) de la misma longitud que la señal RR (en azul).

A partir de la señal respiratoria cuadrada se obtiene la frecuencia respiratoria, SDNN y RMSSD.

PRQ

El PRQ se obtiene con la Ecuación 18.

$$PRQ = \frac{RR}{\ln \ln}$$

Ecuación 18

Una vez obtenido este vector PRQ, con el programa PyBioS se calcula:

Sample Entropy y *Fuzzy Entropy*: son estiman entropía condicional que indican la irregularidad o imprevisibilidad de las señales. Estiman la información media que transporta cada muestra de la señal cuando se conocen cierto número de muestras anteriores. En *Sample Entropy* dos patrones se consideran similares cuando la diferencia entre sus puntos correspondientes (d) es mayor que el factor de tolerancia (r). En *Fuzzy Entropy* la distancia (s) se procesa en una función de pertenencia difusa para calcular el grado de similitud (89).

Permutation Entropy y *Dispersion Entropy*: calculan la entropía de Shannon acerca de la distribución de probabilidad de patrones de longitud m que se encuentran en la señal. *Permutation Entropy* convierte en patrones según el orden de las muestras en las secuencias a todas aquellas secuencias de m muestras consecutivas. En *Dispersion Entropy* se transforma a la señal original usando una función de distribución acumulativa normal, asignando valores entra $[0, 1]$, el rango se divide en c clases y se le asigna un número entero de 1 a c , de acuerdo con la clase. Posteriormente, los patrones se precisan como las secuencias de m valores consecutivos de la señal cuantizada (89).

Distribution Entropy: se obtienen las distancias (d) entre todos los pares de patrones que tienen una longitud m y se almacenan en una matriz, la matriz es simétrica a la diagonal principal. Se realiza un histograma de las distancias y se utiliza para estimar la distribución de probabilidad de las distancias (89).

Phase Entropy: propone la estimación de la entropía a partir de un gráfico de diferencias de segundo orden (SODP). Una señal dada por $y[n]$, el SODP será un gráfico de dispersión descrito en la Ecuación 19 frente a Ecuación 20.

$$y[n + 2] - y[n + 1]$$

Ecuación 19

$$y[n + 1] - y[n]$$

Ecuación 20

El SODP se divide en k sectores de igual tamaño, cada uno de ellos con ángulo $2\pi/k$. A continuación, la probabilidad asociada a cada sector se estima como la suma de los ángulos de los puntos del sector, dividida por la suma de todos los ángulos, obtenida a partir de todos los puntos del SODP (89).

Para el cálculo de PRQ se utilizó la señal $\ln \ln$ cuadrada y la señal RR, después, utilizando PyBioS se obtuvieron los parámetros mencionados previamente que se señalan en verde en la Figura 13.

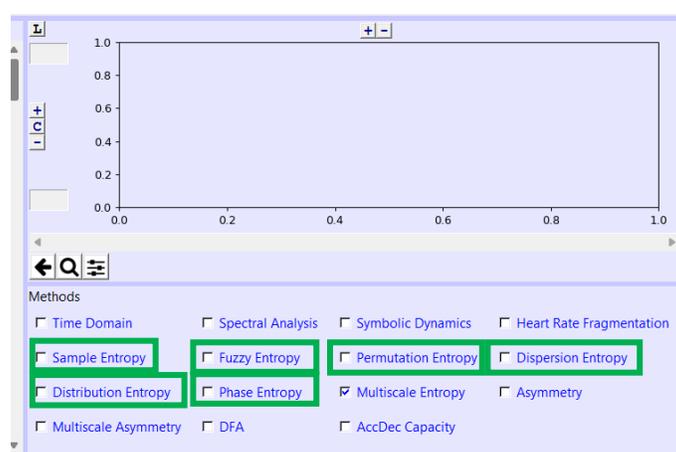


Figura 13. Interfaz de PyBioS donde se muestra en verde los parámetros que se calcularon para el PRQ.

7.7 Análisis estadístico

Se utilizó el programa *GraphPad Prism*, útil para análisis y gráficos diseñado específicamente para la investigación científica (92).

En la Figura 14 se muestra el análisis estadístico que se realizó tomando en cuenta a los 42 participantes del estudio. Dado que se compara a la misma persona en dos etapas distintas (Examen y No Examen) se utilizan pruebas pareadas, para determinar si será paramétrica o no paramétrica se aplica una prueba de normalidad.

La prueba de normalidad que se empleó en cada conjunto de datos es Shapiro-Wilks. Posterior a esta prueba cada índice lineal y no lineal de la VFC se comparó en la etapa de Examen contra No Examen, se aplicó una t-pareada de una cola cuando los datos exhibieron normalidad o si no exhibió normalidad el conjunto de datos entonces se aplicó una prueba no paramétrica de Wilcoxon. De igual manera, se realizó la comparación del puntaje final y de cada estrategia de la A-CEA en la etapa de Examen contra No examen utilizando una prueba t o Wilcoxon como se muestra en la Figura 14a.

En la Figura 14b se muestra como la MSE promedio compara sus resultados en la etapa de Examen vs No examen en cada una de las escalas (1 a 20) siguiendo la misma metodología que se muestra en la Figura 14a. Mientras que en la Figura 14c indica que se realizó una prueba chi-cuadrada para comparar en porcentaje de series no lineales entre los participantes en la etapa de Examen vs No Examen de cada una de las escalas (1 a 20).

El puntaje (%) de las subescalas de la A-CEA se comparó primero en la etapa de Examen y después en la etapa de No Examen para ver si de cada etapa había una estrategia que aplicaran más los alumnos que otra (Figura 14d). Tras la prueba Shapiro-Wilks si se determina normalidad en los datos se realiza una prueba ANOVA, si no hay normalidad emplea una prueba no paramétrica.

El último análisis que se realizó con todos los participantes comparó los grupos formados a partir de la clasificación de “altas”, “medianas” y “bajas” estrategias de afrontamiento en los resultados de los índices lineales y no lineales de la VFC y de la A-CEA de la etapa de Examen y luego de la misma manera en la etapa de No examen (Figura 14e). Se emplearon las mismas pruebas que se describen en la Figura 14d.

En la Figura 15 se muestra el análisis estadístico que se realizó tomando en cuenta grupos de participantes seleccionados para cada caso. En consecuencia, se utilizaron pruebas no pareadas a causa de no ser la misma persona en ambas etapas (Examen y No examen), para determinar si será paramétrica o no paramétrica se aplica la prueba de normalidad Shapiro-Wilks.

Se hizo un análisis comparando a los participantes con bajas estrategias de afrontamiento en la etapa de Examen contra los participantes con altas estrategias de afrontamiento en la etapa de No examen en todos los índices lineales y no lineales de la VFC tal como lo muestra la Figura 15a. Para estos casos, si después de la prueba Shapiro-Wilks exhibe

normalidad se aplica una prueba t no pareada, en caso contrario donde no se exhibe normalidad se aplica una prueba Mann Whitney.

En el análisis de la VFR (Figura 15b) y PRQ (Figura 15c) se seleccionaron un número de participantes de cada etapa, por ello, para realizar la comparación entre la etapa de Examen contra la etapa de No examen se utilizó una prueba t no pareada (si exhibe normalidad) o una Mann Whitney (si no exhibe normalidad).

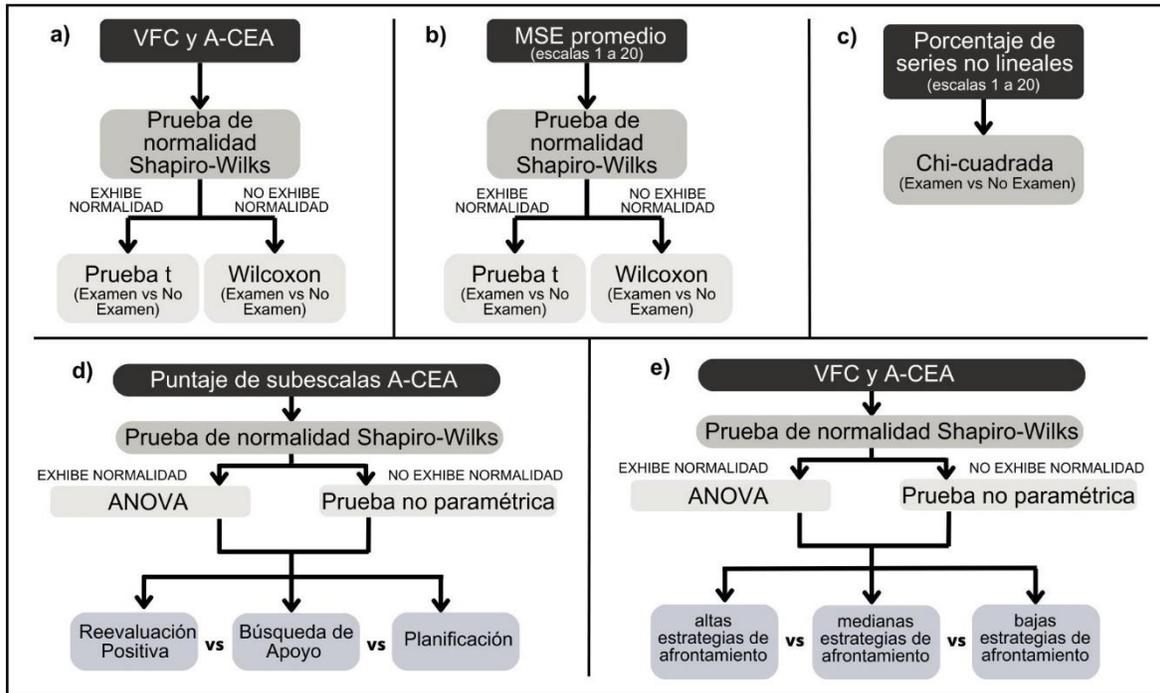


Figura 14. Diagramas de las pruebas estadísticas a todos los participantes. a) Procedimiento para realizar las pruebas estadísticas de la VFC y A-CEA comparando la etapa de Examen y No examen. b) Procedimiento para realizar las pruebas estadísticas de MSE promedio comparando la etapa de Examen y No examen. c) Muestra la prueba que se aplicó para obtener las comparaciones del porcentaje de series no lineales. d) Describe las comparaciones entre las subescalas de A-CEA realizadas con una prueba ANOVA. e) Describe las comparaciones entre la clasificación por nivel de estrategias de afrontamiento realizadas con una prueba ANOVA.

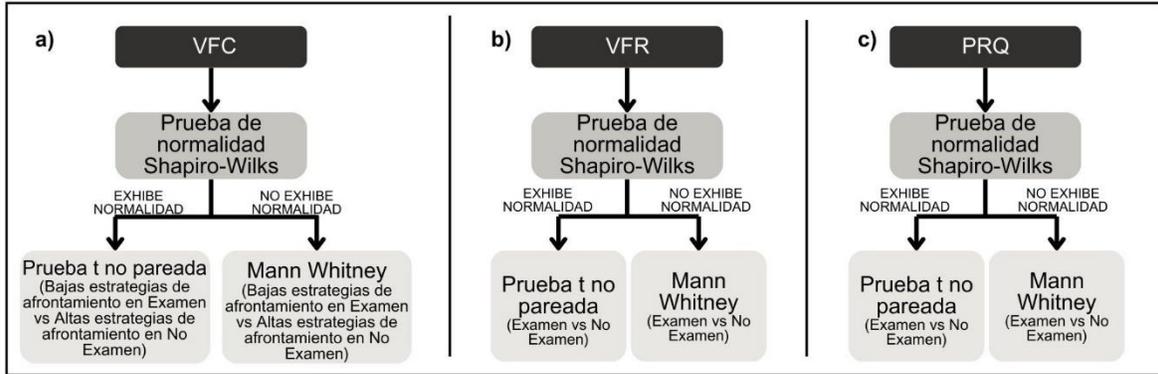


Figura 15. Diagramas de pruebas estadísticas a grupos específicos. a) Procedimiento para realizar las pruebas estadísticas de la VFC donde se compara a los participantes con bajas estrategias de afrontamiento en la etapa de Examen vs los participantes con altas estrategias de afrontamiento en la etapa de No Examen. b) Procedimiento para realizar las pruebas estadísticas de la VFR donde se compara al grupo de participantes elegido en la etapa de Examen vs el grupo de participantes elegido en la etapa de No Examen. d) Procedimiento para realizar las pruebas estadísticas de PRQ donde se compara al grupo de participantes elegido en la etapa de Examen vs el grupo de participantes elegido en la etapa de No Examen.

7.7.1 VFC y A-CEA

En la Tabla 5. Pruebas utilizadas para comparar los resultados obtenidos en la etapa de Examen vs No examen de cada parámetro. Se muestran los parámetros a los cuales se les aplicó la prueba Shapiro-Wilks para evaluar la normalidad de los datos. Además, la prueba de una cola para datos pareados utilizada para comparar los resultados obtenidos en la etapa antes de que los participantes realizaran el examen de matemáticas (Examen) y la etapa donde los participantes estaban en un día común de clases (No examen).

Tabla 5. Pruebas utilizadas para comparar los resultados obtenidos en la etapa de Examen vs No examen de cada parámetro.

Prueba que compara los resultados de Examen vs No examen	Parámetro
Prueba psicológica	A-CEA, Reevaluación positiva, Búsqueda de apoyo y Planificación.
Datos clínicos	Presión arterial diastólica y la presión arterial media.
Prueba t	
Parámetros lineales de la VFC	pNN50, LF (n.u) y HF (n.u).
Parámetros no lineales de la VFC	Guzik, Porta, Ehlers, 0V BSD, 1V SD, 2LV SD y 2UV SD.

	Datos clínicos	Presión arterial sistólica.
Wilcoxon	Parámetros lineales de la VFC	Frecuencia cardíaca, SDNN, RMSSD, LF (ms ²), HF (ms ²), LF (log), HF (log) y LF/HF.
	Parámetros no lineales de la VFC	Actividad vagal, Sample Entropy, 1V BSD, 2V BSD y 0V SD.

El análisis anterior tenía como objetivo encontrar las diferencias significativas a nivel fisiológico y psicológico que se corresponda con las reacciones que pueden tener los estudiantes ante el estrés académico en la etapa de Examen.

En el caso de la MSE el promedio de las señales generadas aleatoriamente de las escalas 1-20 de cada uno de los participantes en ambas etapas se sometió a una prueba de normalidad. Después, para cada una de las escalas se comparó el promedio de la medida de entropía de los participantes en la etapa antes de realizar su examen de matemáticas (Examen) con la etapa donde estos estaban en un día común de clases (No examen). Para las escalas 1-3, 5, 7, 8 y 10-20 se empleó una prueba Wilcoxon y las escalas 4, 6, 9 se empleó una prueba t, en ambos casos los datos son pareados y el análisis se realizó de una sola cola. Lo anterior se hizo con el propósito de conocer los cambios en la medida de entropía de las 20 escalas que se pudiera relacionar con las diferencias de contexto entre las dos etapas.

La comparación de series no lineales se hizo con una prueba chi-cuadrada de dos colas donde se utilizó el número de participantes con series mayores y menores al quinto percentil del conjunto de datos de los participantes para cada escala en una de las etapas. Se comparo este número de series en la etapa de Examen en contraste con las obtenidas en la etapa de No examen. Este análisis se realizó para conocer las escalas en las que había un incremento o decremento de porcentaje de series no lineales en alguna de las etapas.

La prueba ANOVA se aplicó en el puntaje, expresado en porcentaje, que obtuvo cada participante en las estrategias de afrontamiento al estrés académico para conocer si alguna de estas era utilizada con mayor frecuencia por los estudiantes en cada una de las etapas de la investigación.

Tomando en cuenta la clasificación de los participantes (Tabla 2) se realizaron pruebas ANOVA comparando a los participantes con “Bajas estrategias de afrontamiento”, “Medianas estrategias de afrontamiento” y “Altas estrategias de afrontamiento” en cada uno de los parámetros lineales y no lineales señalados en la Tabla 5, con el propósito de encontrar si el nivel de estrategias de afrontamiento que utilizan modifica su respuesta psicofisiológica.

Se realizó un análisis estadístico de todos los parámetros lineales y no lineales de la VFC entre el grupo clasificado con “Altas estrategias de afrontamiento” durante la etapa de No

examen y el grupo clasificado con “Bajas estrategias de afrontamiento” en la etapa de Examen con la finalidad de explorar las modificaciones fisiológicas de dos poblaciones que se encuentran en los polos del nivel de estrategias que utilizan. Se realizó una prueba de normalidad Shapiro-Wilks para cada uno de los parámetros seguido de una prueba t-no pareada o una prueba Mann Whitney para comparar los resultados obtenidos en la etapa de Examen con la etapa de No examen. En la Tabla 6 se muestran los parámetros calculados y la prueba para datos no pareados que se aplicó.

Tabla 6. Pruebas utilizadas en cada parámetro para comparar los resultados de los participantes clasificado con “Bajas estrategias de afrontamiento” en la etapa de Examen vs de los participantes con “Altas estrategias de afrontamiento” en la etapa de No examen.

Prueba que compara los resultados de Examen vs No examen		Parámetro
Prueba t-no pareada	Parámetros lineales de la VFC	Frecuencia cardíaca, SDNN, RMSSD, pNN50, HF (log), HF (n.u), LF (ms ²), LF (log), LF (n.u) y LF/HF
	Parámetros no lineales de la VFC	Actividad vagal, Sample Entropy, Porta, Ehlers, 0V BSD, 0V SD, 1V SD, 2LV SD y 2UV SD
Mann Whitney	Parámetros lineales de la VFC	HF (ms ²)
	Parámetros no lineales de la VFC	Guzik, 1V BSD y 2V BSD

7.7.2 VFR y PRQ

Para el análisis de los cambios en el fenómeno de la respiración entre las etapas de Examen y No examen se aplicó una prueba de Shapiro-Wilks a los valores de la Frecuencia respiratoria, SDNN y RMSSD. Posteriormente, al exhibir normalidad, a los índices mencionados se les aplicó una prueba para datos no pareados Mann Whitney de una cola.

Finalmente, para evaluar los cambios cardiorrespiratorios que se pudieron producir entre ambas etapas se aplicó en primer lugar la prueba Shapiro-Wilks a los valores de PQR, Sample Entropy, Fuzzy Entropy, Distribution Entropy, Phase Entropy, Permutation Entropy y Dispersion Entropy. Para comparar los resultados de la etapa de Examen con la etapa de No examen se utilizó una prueba t-no pareada de una cola para todos los parámetros mencionados, excepto Phase Entropy para la cual se utilizó una prueba Mann Whitney.

8 Resultados

Así como se enuncia en la metodología, uno de los primeros objetivos es la elaboración de una base de datos de registros electrocardiográficos y de los resultados de los instrumentos psicológicos aplicados a los estudiantes de primer año de la Telesecundaria “Ricardo Flores Magón” en Ocoyoacac, esta base de datos se conformó por un total de 47 participantes, de los cuales 3 fueron descartados por no presentarse a las pruebas fisiológicas y psicológicas de la segunda etapa.

En el siguiente proceso de selección se descartaron aquellas señales que presentaban pérdida de información por el ruido durante el registro del ECG, lo cual dejó un total de 42 participantes 14 mujeres y 28 hombres.

8.1 Pruebas psicológicas

Como se describió en la sección de metodología, el cuestionario se divide en 3 subescalas que representan estrategias de afrontamiento al estrés académico, los puntajes finales de la Reevaluación positiva van de 9-45, de Búsqueda de apoyo de 7-35 y de Planificación de 7-35 para en conjunto obtener los resultados de la A-CEA de 23-115 puntos. En la Tabla 7 se muestran los resultados estadísticos de la prueba psicológica en ambas etapas y el porcentaje que se obtuvo en conjunto de cada estrategia de afrontamiento.

Tabla 7. Valores obtenidos de la prueba psicológica A-CEA y las subescalas de los participantes en las etapas de Examen y No examen.

Características	Etapa		p-value
	Examen (M=14 y H=28)	No examen (M=14 y H=28)	
A-CEA	70.88±15.28	70.57±15.28	0.41 ■●
Estrategias de Afrontamiento:			
Reevaluación positiva (%)	54.43±17.69	52.05±14.86	0.14 ■●
Búsqueda de apoyo (%)	49.32±25.9	48.55±25.38	0.37 ■●
Planificación (%)	51.79±17.99	54.42±19.14	0.12 ■●

Los datos están expresados como promedio±desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-pareada (■) cuando hay normalidad en los datos o Wilcoxon (◆) cuando no hay normalidad en los datos y de una (●) o dos colas (●●). *p<0.05 entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

Los resultados se la prueba ANOVA que compara los puntajes obtenidos de las estrategias de afrontamiento en cada etapa se muestran en la Figura 16 donde no se encontró ninguna diferencia significativa (p<0.05).

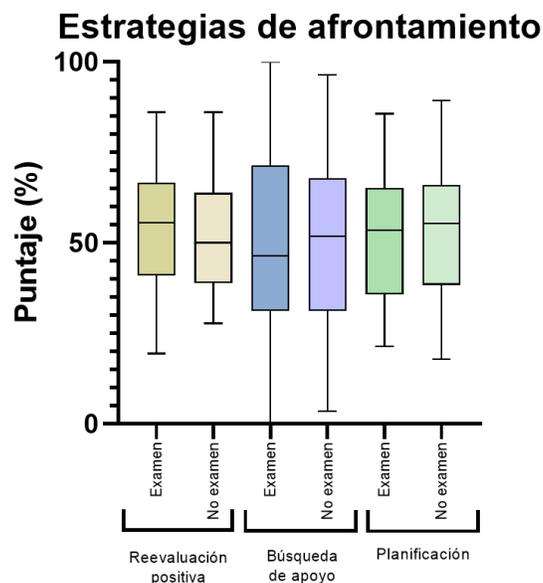


Figura 16. Se muestra la comparación de las estrategias de afrontamiento en cada una de las etapas. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

8.2 Análisis lineal de la VFC

En la Tabla 8 se presentan las características clínicas de los participantes.

Tabla 8. Características clínicas de los participantes.

Características	Etapa		p-value
	Examen (M=14 y H=28)	No examen (M=14 y H=28)	
Edad (años)	12.14±0.41		
Estatura (centímetros)	155.6±6.92		
Peso (kg)	47±11.49		
Presión arterial sistólica	102.6±9.71*	97.5±11.63*	0.0005 ♦♦
Presión arterial diastólica	67±7.18*	61.76±7.12*	<0.0001 ■●
Presión arterial media	78.87±7.04*	73.63±7.51*	<0.0001 ■●

Los datos están expresados como promedio±desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-pareada (■) cuando hay normalidad en los datos o Wilcoxon (♦) de una (♦) o dos colas (♦♦) cuando no hay normalidad en los datos. * $p < 0.05$ entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

Los resultados del análisis estadístico que compara los valores de los parámetros lineales de la VFC obtenidos en la etapa de Examen con los de la etapa de No examen se muestran en la Tabla 9, se consideró como diferencia significativa un valor de $p < 0.05$. En la Figura 17 y Figura 18 se muestran las gráficas de los parámetros Frecuencia cardíaca, SDNN (ms), RMSSD (ms), PNN50 (%), HF (ms²), HF (log), LF (n.u), HF (n.u) y LF/HF (ms²) por mostrar una diferencia significativa entre ambas etapas.

Tabla 9. Valores de los parámetros lineales de los participantes en las etapas de examen y no examen.

Características	Etapa		
	Examen (M=14 y H=28)	No examen (M=14 y H=28)	p-value
Frecuencia Cardíaca (lpm)	71.51±10.52*	79.13±13.51*	<0.0001 ♦●
SDNN (ms)	68.18±23.24*	63.11±25.69*	0.03 ♦●
RMSSD (ms)	73±26.17*	63.29±28.91*	0.0006 ♦●
pNN50 (%)	47.08±17.43*	39±21.09*	0.001 ■●
LF (ms ²)	1172±1483	1071±1287	0.19 ♦●
HF (ms ²)	1800±1152*	1499±1347*	0.01 ♦●
LF (log)	6.63±0.87	6.57±0.90	0.34 ♦●
HF (log)	7.272±0.74*	6.809±1.29*	0.0005 ♦●
LF (n.u)	35.81±13.38*	44.43±17.55*	0.001 ■●
HF (n.u)	64±13.43*	55.35±17.53*	0.0009 ■●
LF/HF (ms ²)	0.63±0.38*	0.94±0.61*	0.002 ♦●

Los datos están expresados como promedio±desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-pareada (■) cuando hay normalidad en los datos o Wilcoxon (♦) cuando no hay normalidad en los datos de una (*) o dos colas (**). *p<0.05 entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

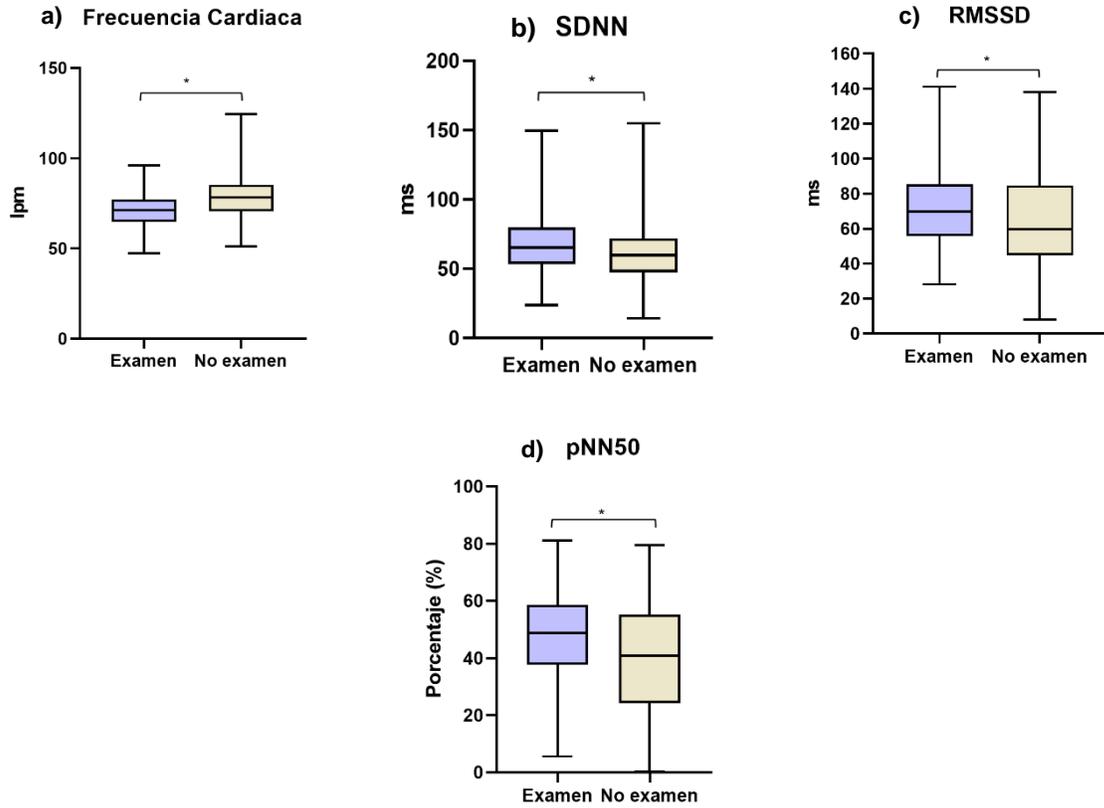


Figura 17. Parámetros lineales en dominio del tiempo donde se muestra una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la etapa de Examen y No examen. a) Frecuencia cardíaca, b) SDNN, c) RMSSD y d) pNN50.

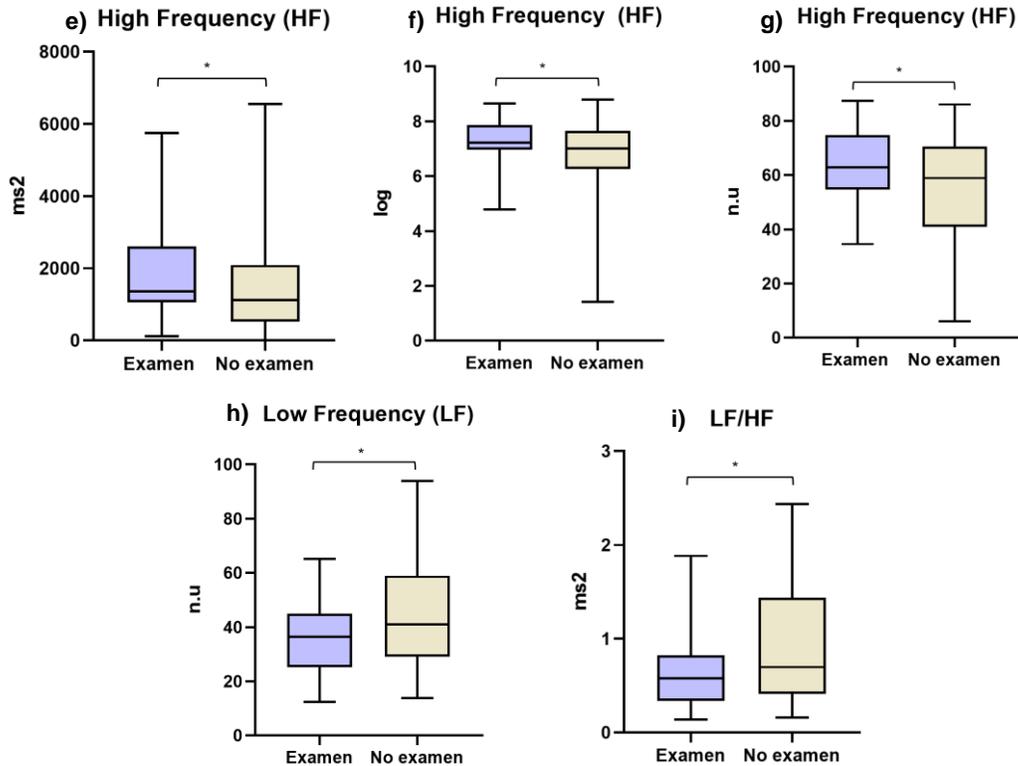


Figura 18. Gráficas de los parámetros lineales en dominio de la frecuencia donde se muestra una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la etapa de Examen y No examen. e) High Frequency (HF) en ms², f) High Frequency (HF) en log, g) High Frequency (HF) en n.u., h) Low Frequency (LF) en n.u. y i) LF/HF en ms.

8.3 Análisis no lineal de la VFC

En la Tabla 1 se muestra el resultado de la comparación de los parámetros no lineales de la VFC en la etapa en la cual los participantes realizarían el examen de matemáticas (Examen) en comparación con la etapa donde estaban en un día común de clases (No examen). En la Figura 19 se incluyen las gráficas de los parámetros Actividad vagal y 0V BSD que mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ambas etapas.

Tabla 10. Valores de los parámetros no lineales de los participantes en las etapas de examen y no examen.

Características	Etapa		p-value
	Examen (M=14 y H=28)	No examen (M=14 y H=28)	
Actividad Vagal	1.69±0.17*	1.59±0.26*	0.0004 ♦●
Sample Entropy	2.2±0.24	2.17±0.25	0.26 ♦●
Guzik (%)	50.32±2.29	49.99±2.29	0.32 ■●
Porta (%)	50.22±2.34	50.41±2.75	0.17 ■●
Ehlers	0.06±0.54	0.15±0.63	0.19 ■●
0V BSD (%)	9.69±4.83*	11.32±6.04*	0.02 ■●
1V BSD (%)	64.75±12.88	64.67±10.08	0.37 ♦●
2V BSD (%)	25.56±14.89	24.01±12.32	0.06 ♦●
0V SD (%)	13.29±6.8	14.09±11.23	0.46 ♦●
1V SD (%)	42.98±6.14	43.59±7.21	0.3 ■●
2LV SD (%)	13.53±4.83	13.78±7.03	0.39 ■●
2UV SD (%)	30.2±10.64	28.54±11.04	0.16 ■●

Los datos están expresados como promedio±desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-pareada (■) cuando hay normalidad en los datos o Wilcoxon (♦) cuando no hay normalidad en los datos de una (*) o dos colas (●). *p<0.05 entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

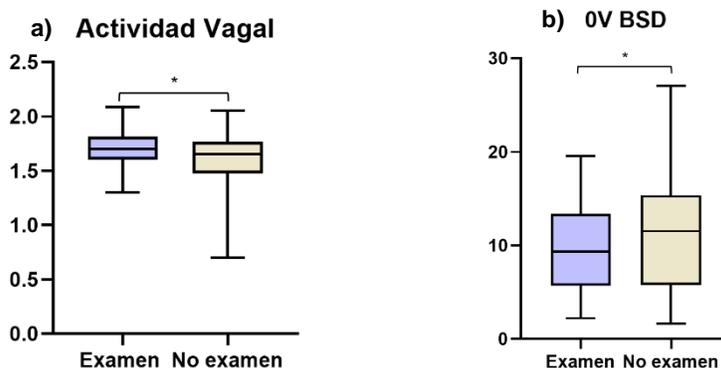


Figura 19. Gráficas de los parámetros no lineales en donde se presentaron diferencias significativas (*p<0.05) entre la etapa de Examen y No examen. a) Actividad vagal y b) 0V de Binary Symbolic Dynamics.

La Figura 20 muestra las escalas en las cuales se muestra una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las medidas de entropía de las 20 escalas de la MSE y el cambio en el porcentaje de series no lineales de cada escala comparando la etapa donde se aplicó el examen (Examen) y la etapa donde no se aplicó ningún examen (No examen).

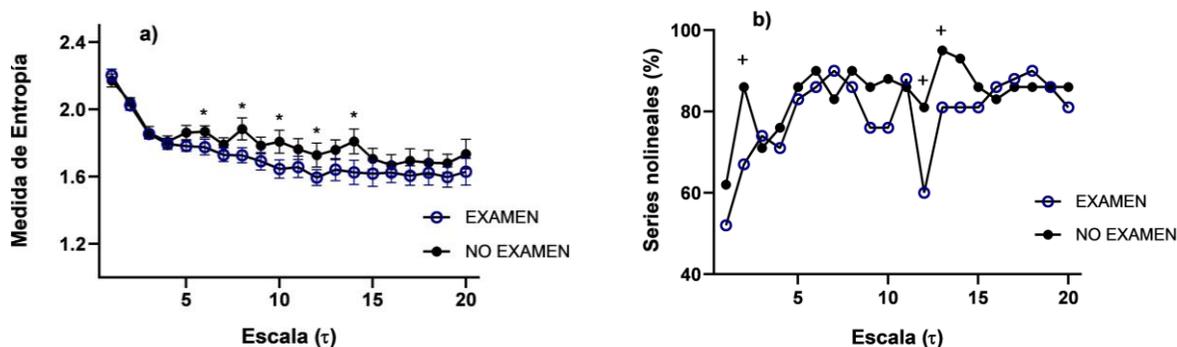


Figura 20. a) Medida de Entropía graficada en promedio \pm SEM de los participantes en cada etapa (Examen, azul y No examen, negro) en las 20 escalas, se encontró diferencias significativas ($*p < 0.05$) en las escalas $\tau = 6$, $\tau = 8$, $\tau = 10$, $\tau = 12$ y $\tau = 14$. b) Porcentaje de series no lineales de los participantes en cada etapa (Examen, azul y No examen, negro) en las 20 escalas, se encontró diferencias significativas ($+p < 0.05$) en las escalas $\tau = 2$, $\tau = 12$ y $\tau = 13$.

El análisis estadístico con la prueba ANOVA que comparó los parámetros lineales y no lineales de los participantes clasificados con “Bajas”, “Medianas” y “Altas” estrategias de afrontamiento en ambas etapas no encontró diferencias significativas ($p < 0.05$).

Se calcularon los mismos índices que se indican en la Tabla 9 y Tabla 10, los que mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los participantes con “Bajas estrategias de afrontamiento” en la etapa de Examen en comparación a los participantes con “Altas estrategias de afrontamiento” en la etapa de No examen se muestran en la Tabla 11 y en la Figura 21 se incluyen las gráficas correspondientes a estos índices.

Tabla 11. Índices con diferencia significativa de los participantes con “Bajas estrategias de afrontamiento” en la etapa de Examen vs los participantes con “Altas estrategias de afrontamiento” en la etapa de No examen.

Características	Etapa		p-value
	Examen (M=3 y H=4)	No examen (M=3 y H=5)	
LF/HF (ms^2)	0.55\pm0.39*	1.15\pm0.74*	0.03 \square \bullet
Sample Entropy	2.08\pm0.11*	2.23\pm0.16*	0.03 \square \bullet

Los datos están expresados como promedio \pm desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-no pareada (\square) cuando hay normalidad en los datos o Wilcoxon (\blacklozenge) de una (\bullet) o dos colas ($\bullet\bullet$) cuando no hay normalidad en los datos. $*p < 0.05$ entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

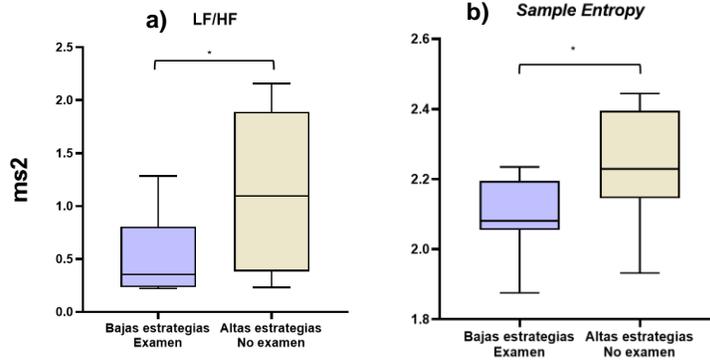


Figura 21. Gráficas de los parámetros no lineales donde se presentó diferencias significativas ($*p<0.05$) entre los participantes clasificados como Bajas estrategias de afrontamiento en la etapa de Examen y Altas estrategias de afrontamiento en la etapa de No examen. a) LF/HF y b) Sample Entropy.

8.4 VFR y PRQ

La comparación de los índices respiratorios se muestra en la Tabla 12, la SDNN (ms) y RMSSD (ms) presentaron diferencias significativas ($p<0.05$). La Figura 22 contiene las gráficas de estos índices.

Tabla 12. Valores obtenidos del análisis de la señal de respiración de los participantes en las etapas de Examen y No examen.

Características	Etapa		
	Examen (M=2 y H=6)	No examen (M=2 y H=11)	p-value
Frecuencia Respiratoria (rpm)	18.31±1.39	19.02±1.61	0.16 □●
SDNN (ms)	0.85±0.09*	0.73±0.15*	0.04 □●
RMSSD (ms)	0.53±0.06*	0.45±0.08*	0.01 □●

Los datos están expresados como promedio±desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-no pareada (□) cuando hay normalidad en los datos o Mann Whitney (◇) de una (•) o dos colas (••) cuando no hay normalidad en los datos. * $p<0.05$ entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

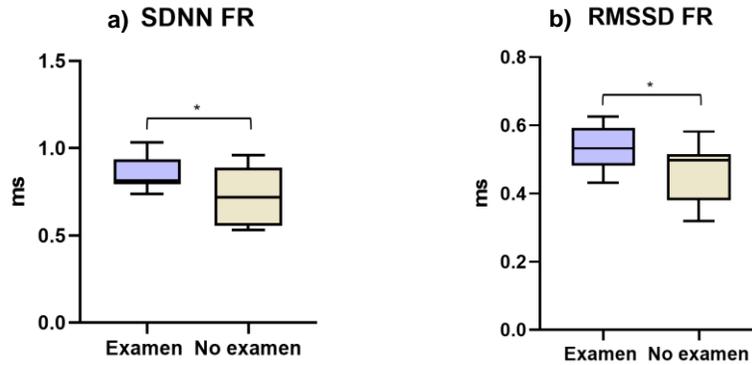


Figura 22. Gráficas de los parámetros donde se encontraron diferencias significativas ($*p < 0.05$) de la respiración entre las etapas de Examen y No examen. a) SNN y b) RMSSD.

Los resultados de las pruebas estadísticas aplicadas al PRQ y los métodos de entropía se observan en la Tabla 13. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla 13. Valores obtenidos del análisis de PRQ de los participantes en las etapas de Examen y No examen.

Características	Etapa		p-value
	Examen (M=2 y H=6)	No examen (M=2 y H=11)	
PQR	4.11±0.69	4.02±0.46	0.36 □●
Sample Entropy	1.47±0.18	1.59±0.36	0.19 □●
Fuzzy Entropy	1.31±0.15	1.45±0.32	0.14 □●
Distribution Entropy	0.93±0.01	0.92±0.01	0.36 □●
Phase Entropy	0.9±0.01	0.89±0.03	0.35 ◇●
Permutation Entropy	2.5±0.03	2.48±0.07	0.28 □●
Dispersion Entropy	3.89±0.16	3.99±0.34	0.24 □●

Los datos están expresados como promedio±desviación estándar. M: número de mujeres y H: número de hombres. Los valores de p se estimaron con prueba t-no pareada (□) cuando hay normalidad en los datos o Mann Whitney (◇) cuando no hay normalidad en los datos de una (•) o dos colas (●). $*p < 0.05$ entre la etapa donde se realizó el examen y la etapa donde no se aplicó el examen.

9 Discusión

Este estudio se centró en las diferencias autonómicas cardiorrespiratorias y psicológicas que pueden presentar los estudiantes de primer año de secundaria al exponerse a un estímulo estresante (examen de matemáticas) usando instrumentos psicológicos, el análisis de la VFC en los parámetros lineales y no lineales, y un análisis de la VFR y del PRQ comparando la etapa donde los participantes estaban en un día normal de clases, sin algún estresante académico presente.

El estrés reduce y desequilibra la actividad del SNA que en consecuencia provoca alteraciones fisiológicas y psicológicas (21), que de prolongarse la exposición, los cambios fisiológicos podrían causar enfermedades crónicas o padecimientos y obtener deficientes resultados académicos. El estrés académico es causado por varios factores, uno de los más comunes está relacionado a las actividades del área de matemáticas (93) lo cual se deriva de la ansiedad matemática que pueden presentar los estudiantes y cuyas manifestaciones fisiológicas incluyen la respiración rápida y la disminución de la VFC, indicando una disminución de la actividad del SNP (64,72,94). Es por esto por lo que se investigó cuáles son aquellas modificaciones que se pueden presentar fisiológica y psicológicamente en los estudiantes de primero de secundaria cuando son expuestos a un estímulo estresor del área de matemáticas.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas en la actividad del SNA en los alumnos de primer año de secundaria entre la etapa de Examen y No examen. Contrario a lo planteado en la hipótesis hay un aumento de la Frecuencia cardíaca en la etapa de No examen respecto a la de Examen (71.51 ± 10.52 lpm vs 79.13 ± 13.51 lpm), de los índices lineales en el dominio del tiempo con diferencias significativas (Tabla 9) se encuentra SDNN (68.18 ± 23.24 ms vs 63.11 ± 25.69 ms), RMSSD (73 ± 23.17 ms vs 63.29 ± 28.91 ms) y pNN50 ($47.08 \pm 17.43\%$ vs $39 \pm 21.09\%$) con mayores valores en la etapa de Examen, en el caso de la RMSSD reflejaría una mayor modulación cardíaca por el sistema parasimpático (95) en la etapa de Examen respecto a la de No examen. Los índices en dominio de la frecuencia que obtuvieron una diferencia significativa (Tabla 9) se encuentra HF (1800 ± 1152 ms² vs 1499 ± 1347 ms²), HF (7.272 ± 0.7427 log vs 6.809 ± 1.297 log) y HF (64 ± 13.43 n.u vs 55.35 ± 17.53 n.u) indicando una mayor actividad parasimpática cardíaca en la etapa de Examen, LF (35.81 ± 13.38 n.u vs 44.43 ± 17.55 n.u) refleja que la actividad simpática y parasimpática es mayor en la etapa de No examen, LF/HF (0.636 ± 0.3875 ms² vs 0.9405 ± 0.6101 ms²) denota que hay un incremento del balance simpátovagal en la etapa de No examen. Sin embargo, otros estudios han mostrado una disminución de LF durante exámenes de aritmética (96).

En los métodos no lineales con diferencias significativas (Tabla 10) se encuentra que la Actividad vagal (1.699 ± 0.1727 vs 1.595 ± 0.2665) es menor en la etapa de No examen, mientras que la 0V de Binary Symbolic Dynamics ($9.69 \pm 4.831\%$ vs $11.32 \pm 6.047\%$) refleja el aumento de la actividad simpática cardíaca en la etapa de No examen. Otros artículos han encontrado diferencias significativas en 0V y 2LV en exámenes de aritmética indicando una mayor actividad simpática y un decremento en del balance vagal durante el examen respecto a su medición base (96). Del análisis de la MSE se puede observar (Figura 20a)

que la Medida de Entropía de la etapa de Examen es significativamente menor en las escalas 6, 8, 10, 12 y 14 que indica una disminución de la complejidad de las señales R-R que se podrían atribuir a la situación estresante a la que fueron sometidos los participantes con el examen de matemáticas, de este mismo modo, en las escalas 2, 13 y 14 (Figura 20) hay una reducción significativa de porcentaje de series no lineales en la etapa de Examen.

En los datos clínicos (Tabla 8) se encontró un aumento de la presión arterial sistólica, presión arterial diastólica y presión arterial media, lo cual coincide con los resultados de otras investigaciones (15,78–80) en donde se obtuvo un aumento de estos parámetros en las mediciones realizadas antes del examen en comparación a su medición basal. El estrés producido por situaciones de índole académica provoca aumento en la presión arterial a través de una alteración de la regulación cardiovascular, que involucra un aumento en la actividad simpática y una disminución de la ganancia barorrefleja en conjunto con una disfunción endotelial prolongada (78). Sin embargo, este resultado contrasta con los obtenidos del análisis lineal y no lineal de la VFC, de la VFR e incluso con otros artículos (15,78–80) donde antes de realizar el examen el aumento de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca se da a la par. El método de obtención de la frecuencia cardíaca a partir de una señal de ECG lo convierte en un resultado confiable, por lo cual, sería adecuado pensar en la posibilidad que se haya tomado la medición de la presión arterial de manera incorrecta o que el dispositivo empleado no funcione como debería.

Sobre la prueba psicológica aplicada, no se encontraron diferencias significativas (Tabla 7) entre la etapa de Examen y la de No examen dado que para la escala A-CEA no se brindó un entrenamiento en estrategias de afrontamiento que pudiera fortalecer sus habilidades para el manejo del estrés académico ante la evaluación matemática que modificara los hábitos de estudio y el comportamiento de manera favorable en los participantes.

La clasificación de los participantes en “Bajas estrategias de afrontamiento”, “Medianas estrategias de afrontamiento” y “Altas estrategias de afrontamiento” (Tabla 2) se realizó con el fin de explorar posibles cambios autonómicos al separar a los participantes en los tipos de estrategias que son comúnmente utilizadas (reevaluación positiva, búsqueda de apoyo y planificación) y estudiar si dichas estrategias modificaban la VFC. Las pruebas estadísticas entre los tres grupos no tienen diferencias significativas en ninguno de los parámetros calculados, que puede atribuirse al hecho de que la mayoría de la población estudiada se concentra en la categoría de “Medianas estrategias de afrontamiento”, dejando a “Bajas estrategias de afrontamiento” y “Altas estrategias de afrontamiento” con una menor cantidad de participantes.

Posteriormente, se realizó el análisis de los casos extremos, en el cual se tomó a los alumnos clasificados con “Bajas estrategias de afrontamiento” en la etapa de Examen y se comparó con los clasificados como con “Altas estrategias de afrontamiento” en la etapa de No examen, los resultados muestran diferencias significativas (Tabla 11) en los índices LF/HF ($0.55 \pm 0.39 \text{ ms}^2$ vs $1.15 \pm 0.74 \text{ ms}^2$) donde los valores altos en la etapa de No examen indican que hay mayor balance simpato-vagal que en la etapa de Examen; y Sample Entropy (2.087 ± 0.115 vs 2.236 ± 0.1679) donde en la etapa de Examen se ve reducida la complejidad de las series R-R a comparación de la etapa de No examen. Con este análisis sí se puede

observar que los participantes con bajas estrategias de afrontamiento al estrés académico al ser sometidos a un estímulo estresor se ve reducida la modulación simpátovagal y la complejidad en sus series R-R en comparación con aquellos que tienen altas estrategias de afrontamiento al estrés académico en un día común de clases. Lo anterior, concuerda con la idea de que los estudiantes que hacen un menor uso de las estrategias de afrontamiento activo son los más vulnerables al estrés académico y los que manifiestan un mayor malestar (37).

En el análisis respiratorio los resultados (Tabla 12) indican un aumento de la Frecuencia respiratoria, y con ello, una disminución de SDNN y RMSSD en la etapa de No examen, que se liga con los resultados generales donde ya se dieron indicios de una mayor actividad simpática que afecta también la respiración.

El PRQ (Tabla 13) no muestra diferencias significativas entre una etapa y otra, sin embargo, investigaciones han señalado su importancia para capturar estados regulatorios complejos del sistema cardiorrespiratorio (97).

El hallazgo de haber encontrado en general una mayor actividad simpática (reflejada en la Frecuencia Cardíaca y Respiratoria) en la etapa de No examen respecto a la de Examen no solo se atribuye a un solo factor, sino a varios, uno de ellos es la fecha en la cual se realizó la toma de la segunda muestra. El contexto de las mediciones de la etapa de No examen fueron los primeros días posteriores al periodo vacacional de “Semana Santa” que duró 14 días aproximadamente. Se sugiere que los participantes pudieron experimentar el “síndrome postvacacional” que tiene una duración aproximada de 15 días en los que se experimentan molestias psíquicas como hastío, cansancio, anhedonia, tristeza, malestar general, ansiedad, fobia social, entre otras manifestaciones psicológicas relacionadas con el regreso a clases (98). Los estresores que son percibidos por los alumnos y el agotamiento experimentado se pueden reducir durante las vacaciones, sin embargo, aumenta después de estas (99). Las actividades que se realizan durante los periodos vacacionales llegan a impactar positiva o negativamente al regresar a las actividades cotidianas, sin embargo, pocas investigaciones han estudiado la importancia de estas (100).

Durante el periodo vacacional, uno de los aspectos de la rutina que cambia es el sueño, algunos estudios epidemiológicos muestran relación entre pocas horas de sueño y horarios irregulares en épocas vacacionales con mayor somnolencia, dificultades de atención y vulnerabilidad emocional (101), contrario a lo que se pudiera pensar, a pesar de tener un mayor tiempo de sueño, las alteraciones en la estructura se deben a un horario de sueño más tardío y una restricción que se prolonga durante el periodo vacacional (102) y cuya transición a los horarios escolares se da en los primeros días de clases, lo cual pudo impactar a nivel psicológico y fisiológico a los estudiantes.

Otro factor importante son los problemas de salud mental preexistentes en los adolescentes como resultados de crisis a consecuencia del aislamiento, los sentimientos de incertidumbre, la falta de rutinas diarias y falta del desarrollo emocional (103) que se vivió por la pandemia por COVID-19. Los niños y adolescentes corren un mayor riesgo de desarrollar problemas de salud mental en comparación con los adultos, el distanciamiento

social y el cierre de escuelas es la razón del aumento en los problemas de salud mental dentro de esta población (104).

Diferentes estudios han encontrado asociación entre la pandemia y la ansiedad, depresión, adicción al internet y el uso de las redes sociales (105,106). El uso excesivo de teléfonos inteligentes e Internet puede provocar problemas mentales o de comportamiento, un bajo desempeño en los estudios, disminuir las interacciones sociales en la vida real, provocar negligencia de su vida personal y causar trastornos en las relaciones y disfunciones del estado de ánimo (107,108). Los adolescentes perciben una falta de apoyo social, sumado a los estresores y el distanciamiento (103,109), estos se convierten en factores de riesgo para presentar depresión, estrés y trauma (110).

La respuesta de los niños y adolescentes ante situaciones de crisis dependerá mucho de su experiencia previa a situaciones de emergencia, sus problemas físicos y mentales, las circunstancias socioeconómicas de la familia y de su contexto cultural (111,112). Muchos países han reportado un incremento en los casos de violencia doméstica y los niños son quienes tienen mayor riesgo de sufrir abuso o negligencia cuando viven en una casa donde ocurre violencia doméstica (113). Además, este tipo de eventos provocan un malestar emocional en los padres y como consecuencia una menor disponibilidad para los niños (114). El temor y el estrés pueden dañar la corteza prefrontal, la amígdala y la funcionalidad del hipocampo cuyas afectaciones se pueden notar en la pérdida de memoria, poca retención o cambios rápidos en la atención y decisión orientada a objetos (115).

Un factor relevante es el impacto negativo que se tuvo en los procesos de educación por el estrés, ansiedad, aislamiento social, el miedo a contagiarse, cambios en los patrones de sueño, de comida, el incremento del sedentarismo y la poca interacción social (116). La mayoría de los estudiantes en México prefieren programas académicos presenciales y este método educativo es considerado más efectivo comparado con el aprendizaje en línea (117). Las desventajas del aprendizaje en línea comenzaron desde la falta de acceso a internet de más de la mitad de la población aumentando el impacto por las diferencias en la infraestructura y los recursos económicos (118). Los cambios en los métodos educativos es probable que provoquen interrupciones en el aprendizaje convencional y una mayor variabilidad en sus habilidades académicas a causa del cierre de escuelas (119). En un estudio se encontró que los estudiantes a pesar de percibir que su rendimiento académico no obtuvo ninguna mejora, su pensamiento crítico (sus habilidades y disposiciones) si se disminuyó de manera significativa (120).

Por el momento, no se sabe del todo como es que el cierre de escuelas ha afectado en el rendimiento escolar y el aprendizaje de los alumnos por ser un acontecimiento único y multifactorial. En este estudio, los participantes aún eran niños cuando se enfrentaron a la pandemia, sin embargo, comenzaron su adolescencia en el regreso a las aulas, siendo niños su educación dependía en su gran mayoría del aprendizaje en aula, pero como adolescentes experimentan menor dificultad para adaptarse al aprendizaje a distancia (120).

Un aspecto importante que considerar proviene de estudios sobre la salud mental en los adolescentes durante COVID-19 que respaldan la hipótesis del riesgo de padecer Trastorno

de Estrés Postraumático (TEPT) (105), si se presentan factores como: nivel socioeconómico más bajo, negligencia de los padres, enfermedad psiquiátrica personal o familiar, sexo femenino, escaso apoyo social, etc. (121). En los niños y adolescentes el TEPT tiene consecuencias neuroanatómicas y neurofuncionales (disminución del volumen del hipocampo, aumento de la reactividad de la amígdala y disminución del acoplamiento amígdala-prefrontal con la edad) que pueden contribuir a una mayor reactividad a las amenazas y a una regulación más débil de las emociones (122).

La evidencia del impacto psicológico y fisiológico después de la pandemia en niños y adolescentes en el área académica es poca (123), por lo que es complicado conocer el panorama general en el que se encuentra la población estudiantil en este rango de edad. Un estudio reveló que los desórdenes del sueño y los síntomas de estrés postraumático son los síntomas más graves de problemas mentales en niños y adolescentes, cerca de la mitad de ellos han experimentado estos desordenes durante la pandemia por COVID-19 (123). A pesar de la posibilidad de una rápida recuperación, los deterioros emocionales graves pueden tener consecuencias a largo plazo en los estudiantes dado que es un grupo vulnerable para los problemas de salud mental (124).

El cierre de escuelas ha producido pérdidas sustanciales en el aprendizaje de los estudiantes (120) y se estima que este rezago se sigue acumulando incluso cuando los niños ya han regresado a la escuela (125). El desempeño académico es susceptible al deterioro en la salud mental de los estudiantes que interfiere con la actividad intelectual, contribuyendo al fracaso escolar (126).

Dicho todo lo anterior, no se puede atribuir a una sola causa el aumento de la actividad simpática en la etapa No Examen, sin embargo, una de las principales es el periodo en el que se realizó la segunda medición donde existen factores que pueden modificar psicológica y fisiológicamente a los estudiantes, la variación en patrones de sueño, los hábitos alimenticios, y la reaparición de síntomas relacionados con problemas de salud mental (estrés, ansiedad, depresión, TEPT, etc.) como consecuencia de perder el ancla que representan las rutinas escolares como mecanismos de supervivencia (104).

Sobre las limitaciones de la investigación del ámbito psicológico se puede incluir que no se midieron variables como el nivel de estrés académico al que estaban sometidos los estudiantes o algunos otros factores fuera de la escuela que les provoquen estrés o sentimientos negativos al momento de realizar las mediciones, además, el número reducido de estudiantes con “Altas” y “Bajas” estrategias de afrontamiento en comparación con aquellos con “Medianas” estrategias. Del ámbito fisiológico, por cuestiones de logística y que solo se contaba con un equipo para la adquisición de la señal de ECG y los datos clínicos, los registros no se pudieron realizar con los estudiantes a punto de realizar el examen, relacionado a esto, falto controlar otros factores que actúan sobre la frecuencia cardíaca como la hora, calidad y tiempo de sueño, la ingesta de alimentos o la fase del ciclo menstrual en el caso de las mujeres. Otra limitación fue la reducción en el tamaño de la muestra para extraer el EDR por su sensibilidad a los cambios en el ECG y no poder utilizar un sensor de respiración porque el equipo disponible no cuenta con la capacidad para emplear sensores que registren otras señales fisiológicas.

10 Conclusión

A partir del análisis precedente, los resultados obtenidos del análisis lineal y no lineal de la VFC y VFR indican que los alumnos de primer año de secundaria presentan un aumento de la actividad parasimpática cardíaca (como lo señalan los índices RMSSD y HF), cambios en la modulación simpática y parasimpática cardíacas (como lo señalan los índices LF y LF/HF) y una disminución de la actividad simpática cardíaca (como lo señalan los índices SDNN, Actividad vagal y 0V) previo a la realización de un examen de matemáticas (etapa examen), comparados consigo mismos en un día regular de clases posterior al retorno vacacional (etapa no examen). De igual manera, los resultados exhibieron una disminución de niveles de entropía y de los porcentajes de series no lineales previo al examen en comparación al día regular de clases. De manera interesante, y en concordancia con los resultados de VFC, se encontró un aumento de la actividad parasimpática respiratoria (indicado por RMSSD) previo a la realización del examen de matemáticas, en comparación con el día regular de clases.

Un resultado a resaltar de este estudio es que después de hacer la clasificación en términos del nivel de estrategias de afrontamiento, los alumnos considerados con “Bajas estrategias de afrontamiento” al estrés académico durante la etapa de Examen tienen una reducción en la complejidad de las R-R (como lo indica Sample Entropy) y los alumnos con “Altas estrategias de afrontamiento” en la etapa de No examen presentan un mayor balance simpátovagal. Lo cual es coherente con lo esperado al inicio de la investigación y que se puede ver solo comparando los polos de la clasificación del nivel de estrategias de afrontamiento que emplean los alumnos.

El área de matemáticas es uno de los factores que los estudiantes consideran que les causa más estrés académico y este puede empeorar si se tiene que realizar de manera inmediata la tarea asignada (como en un examen). El estrés académico puede modificar la modulación simpática y parasimpática de los sistemas cardíaco y respiratorio aumentando la frecuencia de estos. Sin embargo, las diferencias que se encontraron en esta investigación señalan que los estudiantes se encontraban en un estado fisiológico más excitado a nivel simpático cuando regresaron de vacaciones que se podría atribuir a cambios en los patrones de sueño, el síndrome postvacacional y combinado con que pertenecen a una generación que por la pandemia por COVID-19 fueron afectados de una manera incalculable de manera psicológica y a nivel educativo, los periodos de nuevo en casa y la transición de regreso a clases escuela puede resultarles complicado de un modo que aún no es descrito dado que existen pocas investigaciones al respecto.

En esta investigación, los índices no lineales de actividad vagal, dinámica simbólica, entropía muestral y entropía multiescala aportaron información adicional a la indicada por los índices lineales, además, el uso de instrumentos psicológicos amplía el panorama para describir los fenómenos relacionados con el estrés académico. Estos índices no lineales de la VFC e instrumentos psicológicos son una herramienta útil para describir la dinámica cardíaca y el estado psicológico de los estudiantes para ayudar a entender de manera psicofisiológica como es que modifican los diferentes sistemas cuando se está frente

a situaciones estresantes como un examen de matemáticas o el regreso a clases después de vacaciones.

La VFR y el PRQ son índices que se ha demostrado tener un gran potencial en otras áreas por la descripción del acoplamiento cardíaco y respiratorio que está relacionada directamente con la modulación de los sistemas simpático y parasimpático, en trabajos como este se explora su utilidad para describir fenómenos causados por estrés académico.

11 Trabajo a futuro

Los estudios sobre estrés académico se centran en alumnos de licenciatura y posgrado, en los que generalmente se utilizan los índices lineales de la VFC, instrumentos psicológicos y pocas veces ambos. Sin embargo, los estudiantes de otros niveles académicos inferiores también resultan importante descubrir las afectaciones psicológicas y fisiológicas que se desarrollan a causa de este problema y cuyas acciones para el manejo del estrés y ansiedad les puedan retribuir de manera positiva en su vida académica.

Un objetivo para otro trabajo sería encontrar más estudiantes que tengan “Altas estrategias de afrontamiento” y “Bajas estrategias de afrontamiento” para nivelar la cantidad de participantes en cada grupo y conocer si las estrategias de afrontamiento al estrés académico poseen a nivel fisiológico una ventaja para disminuir las consecuencias de este.

A partir de los resultados obtenidos se encuentra otro enfoque que se le puede dar a la base de datos generada, en el cual se puede explorar la reacción que tienen los estudiantes cuando regresan a clases, que incluye el cambio de rutina, hábitos alimenticios y patrones de sueño, el síndrome postvacacional y el regreso a periodos en casa y el regreso a clases después de la pandemia por COVID-19.

Los índices lineales y no lineales de la VFC, la VFR, el PRQ y los instrumentos psicológicos en conjunto se utilizarán en otras investigaciones futuras para describir con mayor profundidad las afectaciones que se desarrollen los alumnos a causa de situaciones estresantes.

12 Referencias

1. García-Moran M de C, Gil-Lacruz M. El estrés en el ámbito de los profesionales de la salud. *Persona* [Internet]. 2016;(19):11–30. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147149810001>
2. Martínez Díaz ES, Díaz Gómez DA. Una aproximación psicosocial al estrés escolar. *Educación y Educadores* [Internet]. 2007;10(2):11–22. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83410203>
3. Berrío N, Mazo R. Estrés académico. *Revista de Psicología*. 2011;3(2).
4. Diaz Y. Estrés académico y afrontamiento en estudiantes de Medicina. *Rev Hum Med*. 2010;10(1).
5. Alfonso Águila B, Calcines Castillo M, Monteagudo de la Guardia R, Nieves Achon Z. Estrés académico. *EDUMECENTRO* [Internet]. 2015;7(2):163–78. Disponible en: <http://www.revedumecentro.sld.cu>
6. Morales-Mota S, Meza-Marín RN, Rojas-Solís JL. Estrés académico en estudiantes mexicanos de nivel medio superior durante el confinamiento por COVID-19. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*. el 1 de octubre de 2021;
7. Barraza Mac A. Estrés Académico y Burnout Estudiantil. Análisis de su Relación en Alumnos de Licenciatura. *Psicogente* [Internet]. el 1 de julio de 2009;12(22). Disponible en: <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/psicogente/article/view/1163>
8. Barraza A. UN MODELO CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO DEL ESTRÉS ACADÉMICO . *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*. diciembre de 2006;9(3).
9. Pulido Rull MA, Serrano Sánchez ML, Valdés Cano E, Chávez Méndez MT, Hidalgo Montiel F, Vera García P. Academic stress in university students. Vol. 21, Núm. 2011.
10. Barraza Macías A. Validación del inventario de expectativas de autoeficacia académica en tres muestras secuenciales e independientes. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa* [Internet]. 2010;(10):1–30. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283121719001>
11. Rodríguez B, Labrador M, Blanco L. Estresores académicos percibidos por estudiantes pertenecientes al Grado en Enfermería de la escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca. *Revista Enfermería CyL*. 2016;8(2):23–32.
12. Marín I. Estrés académico en estudiantes universitarios. *Apunt Psicol*. 2007;25(1):87–99.
13. Marín M, Álvarez C, Lizalde A, Anguiano A, Lemus B. Estrés académico en estudiantes. El caso de la Facultad de Enfermería de la Universidad Michoacana. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*. 2014;1(1).

14. Macías AB, García J, Salazar JTS, Flores E, Contreras RA. Estresores académicos y género.: Un estudio exploratorio de su relación en alumnos de licenciatura. En 2012. Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:162560665>
15. Fathiyah KN. Academic Stress and Its Sources Among Junior High School Students. En 2022.
16. Cabanach RG, Valle A, Rodríguez S, Piñeiro I, Freire C. ESCALA DE AFRONTAMIENTO DEL ESTRÉS ACADÉMICO (A-CEA) [Internet]. Vol. 1, Revista Iberoamericana de Psicología y Salud. 2010. Disponible en: www.usc.es/suips
17. Perez Fernandez G. Hipertensión arterial, estrés y rendimiento académico para la evaluación integral del adolescente hipertenso o en riesgo. MEDICENTRO. el 1 de enero de 2011;
18. García-Ros R, Pérez-González F, Fuentes Durán MC. Análisis del estrés académico en la adolescencia: Efectos del nivel educativo y del sexo en Educación Secundaria Obligatoria. INFORMACIÓ PSICOLÒGICA. 2015;2–12.
19. Bali A, Jaggi AS. Clinical experimental stress studies: Methods and assessment. Rev Neurosci. el 1 de octubre de 2015;26(5):555–79.
20. Schraml K, Perski A, Grossi G, Makower I. Chronic Stress and Its Consequences on Subsequent Academic Achievement among Adolescents. J Educ Develop Psychol. el 25 de abril de 2012;2(1).
21. Yoo HH, Yune SJ, Im SJ, Kam BS, Lee SY. Heart Rate Variability-Measured Stress and Academic Achievement in Medical Students. Medical Principles and Practice. 2021;30(2):193–200.
22. Benally T, Kravitz L. Stress Physiology: Understanding and Counteracting a Health Crisis. IDEA Fitness Journal. 2021;18(6):12–5.
23. Román C, Hernández Y. EL ESTRÉS ACADÉMICO: UNA REVISIÓN CRÍTICA DEL CONCEPTO DESDE LAS CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN. Revista Electrónica de Psicología Iztacala. 2011;14(2).
24. Silva-Ramos MF, López-Cocotle JJ, Columba Meza-Zamora ME. Estrés académico en estudiantes universitarios. Investig Cienc [Internet]. 2020;28(79):75–83. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67462875008>
25. Gutiérrez MA, Amador E. STUDY OF STRESS IN THE ACADEMIC FIELD FOR IMPROVING STUDENT PERFORMANCE. 2016;24(45):23–8.
26. Maceo Palacio O, Maceo Palacio A, Ortega Varón Blanco Y, Maceo Palacio M, Peralta Roblejo Y. Estrés académico: causas y consecuencias [Internet]. 2013. Disponible en: <http://scielo.sld.cu>
27. Ticona Benavente SB, Paucar Quispe G, Llerena Callata G. NIVEL DE ESTRÉS Y ESTRATEGIAS DE AFRONTAMIENTO EN ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE ENFERMERÍA – UNSA AREQUIPA. 2006. Enfermería Global [Internet]. 2010;9(2):1–18. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=365834755007>

28. Ivković N, Božović Đ, Račić M, Popović-Grubač D, Davidović B. Biomarkers of Stress in Saliva / Biomarkeri stresa u pljuvački. *Acta Facultatis Medicae Naissensis*. el 1 de junio de 2015;32(2):91–9.
29. Muñoz García FJ. El estrés académico: problemas y soluciones desde una perspectiva psicosocial. Huelva: Universidad de Huelva; 2004. (Manuel Siurot ; 15).
30. Morales-Fajardo HM, Rodríguez-Arce J, Gutiérrez-Cedeño A, Viñas JC, Reyes-Lagos JJ, Abarca-Castro EA, et al. Towards a Non-Contact Method for Identifying Stress Using Remote Photoplethysmography in Academic Environments. *Sensors*. el 1 de mayo de 2022;22(10).
31. Torres-Lagunas MA, Vega-Morales EG, Vinalay-Carrillo I, Arenas-Montaña G, Rodríguez-Alonzo E. Validación psicométrica de escalas PSS-14, AFA-R, HDRS, CES-D, EV en puérperas mexicanas con y sin preeclampsia. *Enfermería Universitaria*. julio de 2015;12(3):122–33.
32. Fernández Seara JL, Mielgo Robles M. EAE : escalas de apreciación del estrés : manual. TEA; 2017.
33. Escobar Espejo M, J Blanca M, Fernández Baena J, Trianes Torres MV. Adaptación española de la escala de manifestaciones de estrés del Student Stress Inventory (SSI-SM)). *Psicothema*. 2011;23(3):475–85.
34. Pozos-Radillo Blanca Elizabeth AND Preciado-Serrano M de LANDPCARANDVM de los AAANDFMA. Ansiedad rasgo-estado, estrés académico y estilos de afrontamiento en estudiantes de enfermería en México. *Index de Enfermería* [Internet]. diciembre de 2021;30:134–8. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962021000100029&nrm=iso
35. Barraza Macías. El inventario SISCO del estrés académico. Universidad Pedagógica de Durangp.
36. Emilio J, Rojas Á, Andrés González S, Natalia V, Rodríguez A, Tutora S, et al. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DEL ESTRÉS EN ESTUDIANTES DE ENFERMERÍA PARA EL PROCESO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE.
37. González Cabanach R, Souto-Gestal A, González-Doniz L, Franco Taboada V. Perfiles de afrontamiento y estrés académico en estudiantes universitarios. *Revista de Investigación Educativa*. el 25 de junio de 2018;36(2):421–33.
38. Freire C, Ferradás MDM, Valle A, Núñez JC, Vallejo G. Profiles of Psychological Well-being and Coping Strategies among University Students. *Front Psychol*. el 13 de octubre de 2016;7.
39. Denovan A, Macaskill A. Stress and Subjective Well-Being Among First Year UK Undergraduate Students. *J Happiness Stud*. el 5 de abril de 2017;18(2):505–25.
40. Pozos-Radillo E, Preciado-Serrano L, Plascencia-Campos A, Valdez-López R, Morales-Fernández A. Psychophysiological Manifestations Associated With Stress in

Students of a Public University in Mexico. *Journal of Child and Adolescent Psychiatric Nursing*. el 9 de mayo de 2016;29(2):79–84.

41. Valdivieso León L, Lucas Mangas S, Tous Pallarés J, Espinoza Díaz IM. Estrategias de afrontamiento del estrés académico universitario: educación infantil-primaria. *Educación XX1*. el 21 de mayo de 2020;23(2).
42. Espinoza Díaz IM, Espinoza Díaz IM, Tous-Pallarès J, Vigil-Colet A. Efecto del clima psicosocial del grupo y de la personalidad en el síndrome de quemado en el trabajo en docentes. *Anales de Psicología*. el 25 de abril de 2015;31(2):651.
43. Fernández Jiménez C, Polo Sánchez MT. Afrontamiento, estrés y bienestar psicológico en estudiantes de educación social de nuevo ingreso = Coping, stress and psychological well-being in freshmen social education students. *Edupsykhé Revista de Psicología y Educación*. el 1 de diciembre de 2011;10(2).
44. Böke BN, Mills DJ, Mettler J, Heath NL. Stress and Coping Patterns of University Students. *J Coll Stud Dev*. 2019;60(1):85–103.
45. Manzoor Z, Ahmed A. Relationship between Academic Stress, Coping and Engagement Strategies among Adolescents. *Academy of Education and Social Sciences Review*. el 30 de junio de 2023;3(3):255–63.
46. Jiménez-Mijangos LP, Rodríguez-Arce J, Martínez-Méndez R, Reyes-Lagos JJ. Advances and challenges in the detection of academic stress and anxiety in the classroom: A literature review and recommendations. *Educ Inf Technol (Dordr)*. el 28 de septiembre de 2022;
47. Dhama K, Latheef SK, Dadar M, Samad HA, Munjal A, Khandia R, et al. Biomarkers in Stress Related Diseases/Disorders: Diagnostic, Prognostic, and Therapeutic Values. *Front Mol Biosci*. el 18 de octubre de 2019;6.
48. Ravishankar TL, Ain TS, Gowhar O. Effect of academic stress on plaque and gingival health among dental students of Moradabad, India. *J Int Acad Periodontol*. octubre de 2014;16(4):115–20.
49. O'Connor DB, Thayer JF, Vedhara K. Stress and Health: A Review of Psychobiological Processes. *Annu Rev Psychol*. el 4 de enero de 2021;72(1):663–88.
50. Cheng JX. Identifying chromatin structures and the underlying novel mutations that predict therapeutic responses to epigenetic drugs in MDS and AML. *J Clin Exp Pathol*. 2016;06(02).
51. Rodríguez R, Mexicano A, Bila J, Cervantes S, Ponce R. Feature extraction of electrocardiogram signals by applying adaptive threshold and principal component analysis. *Journal of Applied Research and Technology [Internet]*. 2015;13(2):261–9. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47439895012>
52. Allen AP, Kennedy PJ, Cryan JF, Dinan TG, Clarke G. Biological and psychological markers of stress in humans: Focus on the Trier Social Stress Test. Vol. 38, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2014. p. 94–124.

53. Bardi M, Koone T, Mewaldt S, O'Connor K. Behavioral and physiological correlates of stress related to examination performance in college chemistry students. *Stress*. el 19 de noviembre de 2011;14(5):557–66.
54. Kamezaki Y, Katsuura S, Kuwano Y, Tanahashi T, Rokutan K. Circulating cytokine signatures in healthy medical students exposed to academic examination stress. *Psychophysiology*. el 3 de julio de 2012;49(7):991–7.
55. Katsuura S, Kamezaki Y, Tominaga K, Masuda K, Nishida K, Yamamoto Y, et al. High-throughput screening of brief naturalistic stress-responsive cytokines in university students taking examinations. *International Journal of Psychophysiology*. agosto de 2010;77(2):135–40.
56. McGregor BA, Murphy KM, Albano DL, Ceballos RM. Stress, cortisol, and B lymphocytes: a novel approach to understanding academic stress and immune function. *Stress*. el 3 de marzo de 2016;19(2):185–91.
57. Schoofs D, Hartmann R, Wolf OT. Neuroendocrine stress responses to an oral academic examination: No strong influence of sex, repeated participation and personality traits. *Stress*. el 7 de enero de 2008;11(1):52–61.
58. Widjaja D, Orini M, Vlemincx E, Van Huffel S. Cardiorespiratory Dynamic Response to Mental Stress: A Multivariate Time-Frequency Analysis. *Comput Math Methods Med*. 2013;2013:1–12.
59. Kim HG, Cheon EJ, Bai DS, Lee YH, Koo BH. Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. Vol. 15, *Psychiatry Investigation*. Korean Neuropsychiatric Association; 2018. p. 235–45.
60. Hynynen E. Heart rate variability in chronic and acute stress : with special reference to nocturnal sleep and acute challenges after awakening. *Studies in sport, physical education and health*. 2011;
61. Rodríguez-Núñez I, Rodríguez-Romero N, Álvarez A, Zambrano L, da Veiga GL, Romero F. Heart rate variability in children: methodological issues and clinical applications. *Arch Cardiol Mex*. el 1 de abril de 2022;92(2):242–52.
62. Rodas G, Pedret Carballido C, Ramos J, Capdevila L, Activa M, Roldas Avda Arístides Maillol G. VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA: CONCEPTO, MEDIDAS Y RELACIÓN CON ASPECTOS CLÍNICOS. 2008.
63. Grote V, Levnajić Z, Puff H, Ohland T, Goswami N, Frühwirth M, et al. Dynamics of Vagal Activity Due to Surgery and Subsequent Rehabilitation. *Front Neurosci*. el 5 de noviembre de 2019;13.
64. Michels N, Sioen I, Clays E, De Buyzere M, Ahrens W, Huybrechts I, et al. Children's heart rate variability as stress indicator: Association with reported stress and cortisol. *Biol Psychol*. octubre de 2013;94(2):433–40.
65. Homma I, Masaoka Y. Breathing rhythms and emotions. *Exp Physiol*. el 14 de septiembre de 2008;93(9):1011–21.

66. Soni R, Muniyandi M. Breath rate variability: A novel measure to study the meditation effects. *Int J Yoga*. 2019;12(1):45.
67. Elstad M, O'Callaghan EL, Smith AJ, Ben-Tal A, Ramchandra R. Cardiorespiratory interactions in humans and animals: rhythms for life. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*. el 1 de julio de 2018;315(1):H6–17.
68. Benarroch EE. Brainstem integration of arousal, sleep, cardiovascular, and respiratory control. *Neurology*. el 20 de noviembre de 2018;91(21):958–66.
69. Valenza G, Toschi N, Barbieri R. Uncovering brain–heart information through advanced signal and image processing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. el 13 de mayo de 2016;374(2067):20160020.
70. Scholkmann F, Wolf U. The Pulse-Respiration Quotient: A Powerful but Untapped Parameter for Modern Studies About Human Physiology and Pathophysiology. *Front Physiol*. el 9 de abril de 2019;10.
71. Macías-Martínez D, Hernández-Pozo M del R. Indicadores conductuales de ansiedad escolar en bachilleres en función de sus calificaciones en un examen de matemáticas. *Universitas Psychologica* [Internet]. 2008;7(3):767–85. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64770313>
72. Jamieson JP, Black AE, Pelaia LE, Reis HT. The Impact of Mathematics Anxiety on Stress Appraisals, Neuroendocrine Responses, and Academic Performance in a Community College Sample. *J Educ Psychol*. 2021;113(6):1164–76.
73. Martínez Lozano RP. Uso de la técnica de Heart Math para reducir la ansiedad y el estrés ante los exámenes de matemáticas. *Educere* [Internet]. 2017;21:275–83. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35655222006>
74. Jamieson JP, Peters BJ, Greenwood EJ, Altose AJ. Reappraising Stress Arousal Improves Performance and Reduces Evaluation Anxiety in Classroom Exam Situations. *Soc Psychol Personal Sci*. el 1 de agosto de 2016;7(6):579–87.
75. John-Henderson NA, Rheinschmidt ML, Mendoza-Denton R. Cytokine responses and math performance: The role of stereotype threat and anxiety reappraisals. *J Exp Soc Psychol*. el 1 de enero de 2015;56:203–6.
76. Melillo P, Bracale M, Pecchia L. Nonlinear Heart Rate Variability features for real-life stress detection. Case study: students under stress due to university examination. *Biomed Eng Online*. 2011;10(1):96.
77. Dimitriev DA, Dimitriev AD, Karpenko YuD, Saperova E V. Influence of examination stress and psychoemotional characteristics on the blood pressure and heart rate regulation in female students. *Hum Physiol*. el 30 de septiembre de 2008;34(5):617–24.
78. Lucini D, Norbiato G, Clerici M, Pagani M. Hemodynamic and Autonomic Adjustments to Real Life Stress Conditions in Humans. *Hypertension*. enero de 2002;39(1):184–8.

79. Tharion E, Parthasarathy S, Neelakantan N. Short-term heart rate variability measures in students during examinations. *Natl Med J India*. 2009;22(2):63–6.
80. Keliat BA, Azni AY, Susanti NC. Differences in stress levels between junior high school students and college students during online learning. *Nurs Manage*. mayo de 2023;54(5S):25–8.
81. PISA 2022 Results (Volume I). OECD; 2023.
82. PISA 2022 Results (Volume II). OECD; 2023.
83. IMCO Staff. PISA 2022: DOS DE CADA TRES ESTUDIANTES EN MÉXICO NO ALCANZAN EL NIVEL BÁSICO DE APRENDIZAJES EN MATEMÁTICAS. IMCO Centro de Investigación en Política Pública. 2023;
84. Hernández G. *El Economista*. 2021. ¿Por qué le tememos a las matemáticas y cómo afecta nuestro futuro evitarlas?
85. Avalos Latorre ML, Trujillo Martínez F. Variables involucradas con el estrés académico y el afrontamiento en universitarios durante el confinamiento por covid-19. *Psicología Iberoamericana*. el 6 de diciembre de 2021;29(3):e293331.
86. Hooman S. MATLAB Central File Exchange. 2023. Complete Pan Tompkins Implementation ECG QRS detector.
87. Wessel N, Voss A, Malberg H, Ziehm C, Voss HU, Schirdewan A, et al. Nonlinear analysis of complex phenomena in cardiological data. *Herzschrittmachertherapie und Elektrophysiologie*. el 19 de octubre de 2000;11(3):159–73.
88. Kubios. <https://www.kubios.com/hrv-standard/>. Kubios HRV Standard .
89. Silva LEV, Fazan R, Marin-Neto JA. PyBioS: A freeware computer software for analysis of cardiovascular signals. *Comput Methods Programs Biomed [Internet]*. 2020;197:105718. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260720315510>
90. Costa M, Goldberger AL, Peng CK. Multiscale entropy analysis of biological signals. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys*. febrero de 2005;71(2).
91. Valderas MT, Vallverdú M, Caminal P, Schröder R, Voss A. EXTRACCIÓN DE LA SEÑAL DE RESPIRACIÓN A PARTIR DEL ELECTROCARDIOGRAMA. 2015 sep.
92. GraphPad by Dotmatic. <https://www.graphpad.com/scientific-software/prism/>. Prism.
93. Toribio Ferrer C, Franco Bárcenas S. Estrés Académico el enemigo silencioso del estudiante. *Salud y Administración*. 2016;3(7):11–8.
94. Masaoka Y, Homma I. Anxiety and respiratory patterns: their relationship during mental stress and physical load. *International Journal of Psychophysiology*. septiembre de 1997;27(2):153–9.
95. Hammoud S, Karam R, Mourad R, Saad I, Kurdi M. Stress and Heart Rate Variability during University Final Examination among Lebanese Students. *Behavioral Sciences*. el 27 de diciembre de 2018;9(1):3.

96. Visnovcova Z, Mestanik M, Javorka M, Mokra D, Gala M, Jurko A, et al. Complexity and time asymmetry of heart rate variability are altered in acute mental stress. *Physiol Meas.* el 1 de julio de 2014;35(7):1319–34.
97. Scholkmann F, Wolf U. The Pulse-Respiration Quotient: A Powerful but Untapped Parameter for Modern Studies About Human Physiology and Pathophysiology. *Front Physiol.* el 9 de abril de 2019;10.
98. Flórez Lozano JA. Síndrome postvacacional. *Medicina Integral* [Internet]. 2000;36(4):121–4. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-medicina-integral-63-articulo-sindrome-postvacacional-10022200>
99. Westman M, Eden D. Effects of a respite from work on burnout: Vacation relief and fade-out. *Journal of Applied Psychology.* 1997;82(4):516–27.
100. de Bloom J, Kompier M, Geurts S, de Weerth C, Taris T, Sonnentag S. Do We Recover from Vacation? Meta-analysis of Vacation Effects on Health and Well-being. *J Occup Health.* el 11 de enero de 2009;51(1):13–25.
101. Agostini A, Pignata S, Camporeale R, Scott K, Dorrian J, Way A, et al. Changes in growth and sleep across school nights, weekends and a winter holiday period in two Australian schools. *Chronobiol Int.* el 4 de mayo de 2018;35(5):691–704.
102. Bei B, Allen NB, Nicholas CL, Dudgeon P, Murray G, Trinder J. Actigraphy-assessed sleep during school and vacation periods: a naturalistic study of restricted and extended sleep opportunities in adolescents. *J Sleep Res.* el 2 de febrero de 2014;23(1):107–17.
103. Jones EAK, Mitra AK, Bhuiyan AR. Impact of COVID-19 on Mental Health in Adolescents: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* el 3 de marzo de 2021;18(5):2470.
104. Meherali S, Punjani N, Louie-Poon S, Abdul Rahim K, Das JK, Salam RA, et al. Mental Health of Children and Adolescents Amidst COVID-19 and Past Pandemics: A Rapid Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* el 26 de marzo de 2021;18(7):3432.
105. Guessoum SB, Lachal J, Radjack R, Carretier E, Minassian S, Benoit L, et al. Adolescent psychiatric disorders during the COVID-19 pandemic and lockdown. *Psychiatry Res.* septiembre de 2020;291:113264.
106. Duan L, Shao X, Wang Y, Huang Y, Miao J, Yang X, et al. An investigation of mental health status of children and adolescents in china during the outbreak of COVID-19. *J Affect Disord.* octubre de 2020;275:112–8.
107. Soni R, Upadhyay R, Jain M. Prevalence of smart phone addiction, sleep quality and associated behaviour problems in adolescents. *Int J Res Med Sci.* el 23 de enero de 2017;5(2):515.
108. Kahraman Ö, Demirci EÖ. Internet addiction and attention-deficit–hyperactivity disorder: Effects of anxiety, depression and self-esteem. *Pediatrics International.* el 19 de junio de 2018;60(6):529–34.

109. Qi M, Zhou SJ, Guo ZC, Zhang LG, Min HJ, Li XM, et al. The Effect of Social Support on Mental Health in Chinese Adolescents During the Outbreak of COVID-19. *Journal of Adolescent Health*. octubre de 2020;67(4):514–8.
110. Zhang C, Ye M, Fu Y, Yang M, Luo F, Yuan J, et al. The Psychological Impact of the COVID-19 Pandemic on Teenagers in China. *Journal of Adolescent Health*. diciembre de 2020;67(6):747–55.
111. Smetana JG, Campione-Barr N, Metzger A. Adolescent Development in Interpersonal and Societal Contexts. *Annu Rev Psychol*. el 1 de enero de 2006;57(1):255–84.
112. Brooks SK, Smith LE, Webster RK, Weston D, Woodland L, Hall I, et al. The impact of unplanned school closure on children’s social contact: rapid evidence review. *Eurosurveillance*. el 2 de abril de 2020;25(13).
113. Campbell AM. An increasing risk of family violence during the Covid-19 pandemic: Strengthening community collaborations to save lives. *Forensic Science International: Reports*. diciembre de 2020;2:100089.
114. Taylor RD, Roberts D, Jacobson L. Stressful life events, psychological well-being, and parenting in African American mothers. *Journal of Family Psychology*. diciembre de 1997;11(4):436–46.
115. McEwen BS, Morrison JH. The Brain on Stress: Vulnerability and Plasticity of the Prefrontal Cortex over the Life Course. *Neuron*. julio de 2013;79(1):16–29.
116. Barbosa-Camacho FJ, Romero-Limón OM, Ibarrola-Peña JC, Almanza-Mena YL, Pintor-Belmontes KJ, Sánchez-López VA, et al. Depression, anxiety, and academic performance in COVID-19: a cross-sectional study. *BMC Psychiatry*. el 30 de diciembre de 2022;22(1):443.
117. Ulum H. The effects of online education on academic success: A meta-analysis study. *Educ Inf Technol (Dordr)*. el 6 de enero de 2022;27(1):429–50.
118. Monroy-Gómez-Franco L, Vélez-Grajales R, López-Calva LF. The potential effects of the COVID-19 pandemic on learnings. *Int J Educ Dev*. mayo de 2022;91:102581.
119. Kaffenberger M. Modelling the long-run learning impact of the Covid-19 learning shock: Actions to (more than) mitigate loss. *Int J Educ Dev*. marzo de 2021;81:102326.
120. Lv X, Ma J, Brinthaup TM, Zhao S, Ren X. Impacts of university lockdown during the coronavirus pandemic on college students’ academic achievement and critical thinking: A longitudinal study. *Front Psychol*. el 26 de octubre de 2022;13.
121. Kirkpatrick HA, Heller GM. Post-Traumatic Stress Disorder: Theory and Treatment Update. *The International Journal of Psychiatry in Medicine*. el 9 de mayo de 2014;47(4):337–46.
122. Herringa RJ. Trauma, PTSD, and the Developing Brain. *Curr Psychiatry Rep*. el 19 de octubre de 2017;19(10):69.

123. Ma L, Mazidi M, Li K, Li Y, Chen S, Kirwan R, et al. Prevalence of mental health problems among children and adolescents during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord.* octubre de 2021;293:78–89.
124. Nuñez TR, Pallasch N, Radtke T. Students' Emotional Well-being and Academic Functioning Before, During, and After Lockdown in Germany: Cohort Study. *JMIR Form Res.* el 15 de noviembre de 2022;6(11):e34388.
125. Kuhfeld M, Soland J, Tarasawa B, Johnson A, Ruzek E, Liu J. Projecting the Potential Impact of COVID-19 School Closures on Academic Achievement. *Educational Researcher.* el 28 de noviembre de 2020;49(8):549–65.
126. Fonseca JRF da, Calache ALSC, Santos MR dos, Silva RM da, Moretto SA. Associação dos fatores de estresse e sintomas depressivos com o desempenho acadêmico de estudantes de enfermagem. *Revista da Escola de Enfermagem da USP.* 2019;53.

13 Anexo

13.1 Carta de consentimiento y asentimiento



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Medicina



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Lerma

CARTA DE CONSENTIMIENTO/ASENTIMIENTO INFORMADO EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN

Evaluación psicofisiológica del estrés académico en estudiantes de secundaria ante el examen de matemáticas

INFORMACIÓN DETALLADA

El estrés académico que sufren los estudiantes está relacionado con los trabajos académicos, exámenes y la asistencia a clases; este estrés puede provocarles bajas calificaciones, desinterés en la escuela, dejar de asistir a clases y en el peor de los casos dejar de asistir a la escuela. El estrés académico se puede medir de diversas maneras, una de ellas es a través de cuestionarios orientados a la parte psicológica y la otra con un análisis de los latidos cardíacos que se obtienen a partir de un estudio de la actividad eléctrica del corazón (llamado electrocardiograma). Este proyecto busca analizar desde la parte psicológica y fisiológica las afectaciones que puede tener el estrés académico que genera la aplicación de exámenes de matemáticas.

Estoy enterado que habrá un total de alrededor de 30 participantes, todos ellos alumnos(as) de primer año de la Telesecundaria "Ricardo Flores Magón", Ocoyoacac, Estado de México.

Propósito del estudio

Comparar el estado psicológico y fisiológico que provoca el estrés académico en estudiantes de secundaria ante la aplicación de un examen de matemáticas y un día normal en la escuela, a través del análisis de la variación en los latidos del corazón y la aplicación de cuestionarios psicológicos sobre el estrés, estrés académico, ansiedad y calidad de vida.

Descripción del estudio

Entiendo que este estudio durará aproximadamente 5 meses y que consiste en 2 etapas:

- 1) Aplicación a los estudiantes de cuestionarios psicológicos y la adquisición de la frecuencia de los latidos de mi corazón en un día normal de escuela. Donde:
 - Para la parte psicológica, primero en un aula se me pedirá contestar un estudio socioeconómico en donde daré mis datos personales y datos sobre el lugar donde vivo. También tendré que contestar los cuestionarios psicológicos que se me indiquen y que están relacionados con el estudio, esto tomará un tiempo aproximado de 30 minutos.
 - Para la parte fisiológica, pasaré a un aula donde tomarán mi presión arterial, peso y datos personales, posteriormente las zonas donde se colocarán las conexiones serán limpiadas con algodón y alcohol, se me pedirá que me recueste/siente en una posición cómoda para hacer la conexión y los cables para hacer el estudio. Finalmente, deberé permanecer durante 10 minutos sin moverme ni hablar, el investigador me avisará cuando haya acabado el registro y me ayudará a quitar las conexiones.

- Regresaré al salón de clases a continuar con mis actividades escolares.
- 2) Aplicación de cuestionarios psicológicos y la adquisición de la frecuencia de los latidos de mi corazón en un día donde realizaré un examen de matemáticas. Donde:
- Para la parte psicológica, tendré que contestar los cuestionarios psicológicos que se me indique y que me tomará un tiempo aproximado de 30 minutos.
 - Para la parte fisiológica, pasaré a un aula donde tomarán mi presión arterial, peso y datos personales, posteriormente las zonas donde se colocan la conexión serán limpiadas con algodón y alcohol, se me pedirá que me recueste/siente en una posición cómoda para hacer la conexión con los cables y hacer el estudio. Finalmente, deberé permanecer durante 10 minutos sin moverme ni hablar, el investigador me avisará cuando haya acabado el registro y me ayudará a quitarme las conexiones.
 - Regresaré al salón de clases para hacer el examen de matemáticas.

He sido informado(a) que participaré en una o más de las dos etapas, durante las cuales:

- se recabarán mis datos personales (nombre, edad, sexo, escolaridad, etc.).
- se me hará un estudio de la actividad eléctrica del corazón, en donde medirán la frecuencia de mis latidos.
- contestaré los cuestionarios psicológicos que me indicarán.
- atenderé las indicaciones durante las pruebas y la adquisición de la frecuencia de los latidos de mi corazón.
- asistiré los días que se realizará el estudio.

Posibles riesgos y molestias

La realización de las mediciones fisiológicas y de los cuestionarios que voy a responder podrían generarme un poco de cansancio, pero no ponen en riesgo mi salud física o mental. Toda la asesoría y la aplicación de pruebas a lo largo del proyecto es gratuita y será llevada a cabo por personal capacitado.

Beneficios y garantías

Mi participación en este proyecto me podría indicar los elementos fisiológicos y psicológicos importantes que puede generar estrés académico ante el examen de matemáticas. Adicionalmente, la información obtenida al final del estudio me podría ayudar como referente para buscar ayuda profesional, además de que se podrían dar talleres para aprender técnicas de manejo del estrés académico. Entiendo que, para lograr el objetivo propuesto, es importante que participe en la adquisición de la frecuencia de los latidos de mi corazón y que conteste todos los cuestionarios. En caso de encontrar alguna alteración en la frecuencia cardíaca o en mis resultados de las pruebas psicológicas seré aconsejado para ir con un experto en el área y tener un diagnóstico profesional.

Mi participación en este proyecto es voluntaria y puedo rehusarme a participar o retirarme en cualquier momento sin tener que dar explicaciones, ni sufrir ninguna penalización, discriminación, represalias o prejuicios por ello.

Estoy enterado(a) que los resultados que se obtengan de esta investigación podrían ser publicados como una investigación científica, tesis, reportes académicos, o documentos similares, y se me ha garantizado que mi nombre e identidad, así como cualquier otra información personal nunca será revelada sin mi previa autorización.

He sido informado(a) que los investigadores a cargo del proyecto son el Dr. José Javier Reyes Lagos, Profesor-Investigador de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México y el Dr. Eric Alonso Abarca Castro, Profesor-Investigador de la División de Ciencias Biológicas y de la

Salud, Unidad Lerma, Universidad Autónoma Metropolitana, a quienes les puedo hacer cualquier pregunta relacionada con el proyecto, con mis derechos y/o con el manejo de mis datos personales y quien me podrá asistir en caso de presentarse algún problema relacionado con el proyecto al teléfono 722 217 4831 ext. 5406 y (728) 282-7002 o en el correo electrónico: jjreyesl@uaemex.mx y e.abarca@correo.ler.uam.mx.



CARTA DE CONSENTIMIENTO/ASENTIMIENTO INFORMADO EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN

Evaluación psicofisiológica del estrés académico en estudiantes de secundaria ante el examen de matemáticas

HOJA DE FIRMAS

He recibido suficiente información sobre el proyecto y los procedimientos que se aplicarán.

1. He podido hacer todas las preguntas que he creído conveniente sobre el proyecto y los procedimientos que se aplicarán y se me han respondido satisfactoriamente.
2. Estoy consciente de que la información contenida en el expediente será procesada y analizada por cualquiera de los miembros del equipo de investigación.
3. Comprendo que la participación en el proyecto es voluntaria y que puedo retirarme de este en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones y sin que tenga ninguna consecuencia de ningún tipo, solo es necesario informar a los investigadores de mi decisión.

También he sido informado/a de que los datos personales de los y las participantes serán protegidos y sometidos a las garantías dispuestas en las Leyes de los Estados Unidos Mexicanos y que nunca serán transmitidos a terceras personas o instituciones salvo consentimiento expreso.

Yo, _____ padre, madre o tutor(a) de _____, manifiesto que he sido informado/a sobre el proyecto de "Evaluación psicofisiológica del estrés académico en estudiantes de secundaria en exámenes de matemáticas" a cargo del Dr. José Javier Reyes Lagos, de la Universidad Autónoma del Estado de México y el Dr. Eric Alonso Abarca Castro, de la Universidad Autónoma Metropolitana. Tomando ello en consideración y después de ser explicado de manera clara y completa el procedimiento de estudio, OTORGO mi CONSENTIMIENTO para que el menor participe en este proyecto, para cubrir los objetivos especificados.

Firma del padre o tutor

Firma del padre o tutor

Nombre: _____

Nombre: _____

Fecha: _____

Fecha: _____

Yo _____ de ____ años de edad, manifiesto que he sido informado/a sobre el proyecto de "Evaluación psicofisiológica del estrés académico en estudiantes de secundaria en exámenes de matemáticas" a cargo del Dr. José Javier Reyes Lagos, de la Universidad Autónoma del Estado de México y el Dr. Eric Alonso Abarca Castro, de la Universidad Autónoma Metropolitana. Tomando ello en consideración y después de ser explicado de manera clara y completa el procedimiento de estudio, OTORGO mi ASENTIMIENTO para participar libremente en este proyecto, para cubrir los objetivos especificados.

Firma del Participante

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma del testigo

Nombre: _____

Fecha: _____

Firma del testigo

Nombre: _____

Fecha: _____

13.2 Estudio socioeconómico

ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

INSTRUCCIONES: Lea cuidadosamente antes de contestar. No use abreviaturas. Llene los espacios con la respuesta solicitada o marque con una X si es el caso. Es importante que conteste todas las preguntas.

1. Indique la fecha en la que llena el presente instrumento.						
Día		Mes		Año		
2. Nombre del Alumno (a).						
Apellido Paterno						
Apellido Materno						
Nombre (s).						
3. Nacionalidad del Alumno (a).						
Mexicana			Extranjera			
4. Sexo del Alumno (a)						
Masculino			Femenino			
5. Fecha de nacimiento del Alumno (a):						
6. Edad del Alumno (a) hoy en día:						
11		12		13		14
7. Domicilio del Alumno (a)						
Calle o avenida:						
Número:						
Colonia:						

Municipio:			
Código Postal:			
8. Tiempo del Alumno (a) para trasladarse a la escuela			
10 minutos		25 minutos	
15 minutos		30 minutos	
20 minutos		Más de 30 minutos	
9. Medio de transporte que utiliza el (la) Alumno (a) para trasladarse a la escuela			
Caminando		Transporte escolar	
Auto familiar		Camión	
Auto compartido		Otro medio	
10. ¿El Alumno (a) cursó Educación Preescolar?			
Si		No	
11. Años que tardó el Alumno (a) en terminar su Educación Primaria			
6	7	8	Otro
12. Si el Alumno (a) reprobó algún grado, ¿cuál fue la causa?			
Nunca reprobó		Problemas de aprendizaje	
Problemas familiares		Problemas de conducta	
Problemas económicos		Problemas de salud	
Cambio de domicilio		Otro (especifique)	
14. ¿Te gustan las matemáticas?			
	Si		No
15. Personas con las que vive el Alumno (a)			
Papá, mamá y hermanos		Papá y mamá	
Solo papá		Solo mamá	
Solo papá y hermanos		Solo mamá y hermanos	

Solo hermanos		Otro familiar	
16. Hermanos que tiene en total el Alumno (a)			
0		3	
1		4	
2		5 o más	
17. Edad de los padres del Alumno (a)			
	Papá	Mamá	
Entre 31 y 35 años			
Entre 36 y 40 años			
Entre 40 y 45 años			
Entre 46 y 50 años			
Más de 50 años			
18. Indique el último nivel de estudios que concluyeron completamente los padres del Alumno (a)			
	Papá	Mamá	
No sabe leer ni escribir			
Sabe leer y escribir, pero no cursó la primaria			
Primaria			
Secundaria			
Técnica o comercial			
Preparatoria o Bachillerato			
Normal			
Licenciatura			
Posgrado			
19. Ocupación actual de los padres del Alumno (a)			

	Papá	Mamá
Sin trabajo		
Jubilado o pensionado		
Labores del hogar		
Labores de la construcción		
Obrero		
Comerciante o vendedor		
Servicios personales (taxista, limpieza, etc.)		
Por su cuenta (mecánico, plomero, etc.)		
Funcionario (servidor público o privado)		
Empleado técnico (secretaria, capturista, etc.)		
Empleado profesional (abogado, maestro, etc.)		
Por su cuenta (abogado, maestro, etc.)		
Otra (especifique)		

20. Indique los bienes y servicios con los que cuenta el Alumno (a) en su hogar

	Si	No		Si	No
Vivienda propia			Auto familiar propio		
Vivienda rentada			Teléfono fijo		
Vivienda prestada			Televisión local		
Alumbrado público			Televisión por cable		
Calles pavimentadas			Computadora		
Recolección de basura			Impresora		

Cuarto propio para dormir			Conexión a internet				
Horno de microondas			Juegos de vídeo				
21. Habitaciones totales que tiene el hogar del Alumno (a) incluyendo cocina y baño							
1		3		5	7		
2		4		6	8		
22. Número de personas que viven en el hogar del Alumno (a)							
1		3		5	7		
2		4		6	8 o más		
23. Veces al año que el Alumno (a) asiste a las siguientes actividades:							
	0	1	2	3	4	5	6 o más
Visitas a museos							
Asistencia a conciertos de música clásica							
Asistencia a conciertos de música popular							
Asistencia a obras de teatro							
Asistencia al cine							
Asistencia a eventos deportivos							
24. Frecuencia en la que los adultos con quien vive el Alumno (a) llevan a cabo las siguientes actividades							

	Casi nunca	Pocas veces	Mucha s veces	Siempre
Apoyan o revisan las tareas del (la) Alumno (a)				
Felicitan al Alumno (a) cuando le va bien en la escuela				
Apoyan al Alumno (a) cuando hay un problema en la escuela				
Asisten a eventos y/o ceremonias escolares				
Asisten a reuniones convocadas por la escuela del Alumno (a)				
Cooperan con campañas organizadas por la escuela				
Dedican su tiempo libre a la lectura				
25. ¿Habla el Alumno (a) algún dialecto o idioma distinto al español?				
Si		Si la respuesta fue "Si", especifique cuál		
No				
26. Opinión del Alumno (a) con las siguientes afirmaciones:				
	Casi nunca	Pocas veces	Muchas veces	Siempre
Estudio solo para obtener dinero en un futuro				
Estudio para obtener un buen trabajo				

Logro hacer bien las cosas que me enseñan				
Soy bueno en la mayoría de las asignaturas				
Me gusta trabajar con otros compañeros				
Solamente leo por obligación o cuando lo necesito				
La lectura es uno de mis pasatiempos favoritos				

13.3 Escala de Afrontamiento del Cuestionario de Estrés académico (A-CEA)

Escala de Afrontamiento del Estrés Académico (A-CEA)

Nombre: _____ Fecha: _____

Edad: _____

Instrucciones: A continuación, se presentan algunas de las cosas que hacemos y pensamos los individuos cuando nos enfrentamos a una situación problemática que nos provoca ansiedad o estrés. Lea detenidamente cada afirmación y marque con una "X" EN QUÉ MEDIDA USTED SE COMPORTA ASÍ CUANDO SE ENFRENTA A UNA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

1.- Cuando me enfrento a una situación problemática, olvido los aspectos desagradables y resalto los positivo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

2.- Cuando me enfrento a una situación problemática, expreso mis opiniones y busco apoyo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

3.- Cuando me enfrento a una situación problemática, priorizo las tareas y organizo el tiempo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

4.- Cuando me enfrento a una situación problemática durante los exámenes, procuro pensar que soy capaz de hacer las cosas bien por mí mismo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

5.- Cuando me enfrento a una situación problemática, pido consejo a un familiar o a un amigo a quien aprecio

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

6.- Cuando me enfrento a una situación problemática mientras estoy preparando los exámenes, planifico detalladamente cómo estudiar el examen

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

7.- Cuando me enfrento a una dificultad mientras estoy preparando los exámenes, procuro pensar en positivo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

8.- Cuando me enfrento a una situación difícil, hablo de los problemas con otros

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

9.- Cuando me enfrento a una situación problemática, elaboro un plan de acción y lo sigo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

10.- Cuando me enfrento a una situación problemática, no permito que el problema me supere; procuro darme un plazo para solucionarlo

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

11.- Cuando me enfrento a una situación problemática, hablo sobre las situaciones estresantes con mi pareja, mi familia o amigos

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

12.- Cuando me enfrento a una situación problemática mientras estoy preparando los exámenes, me centro en lo que necesito para obtener los mejores resultados

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

13.- Cuando me enfrento a una situación problemática, pienso objetivamente sobre la situación e intento tener mis emociones bajo control

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

14.- Cuando me enfrento a una situación problemática, busco consejo y solicito ayuda a otras personas

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

15.- Cuando me enfrento a una situación problemática, organizo los recursos personales que tengo para afrontar la situación

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

16.- Cuando me enfrento a una situación complicada, en general procuro no darles importancia a los problemas

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

17.- Cuando me enfrento a una situación problemática, manifiesto mis sentimientos y opiniones

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

18.- Cuando me enfrento a una situación problemática, como en los exámenes, suelo pensar que me saldrán bien

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

19.- Cuando me enfrento a una situación difícil, hago una lista de las tareas que tengo que hacer, las hago una a una y no paso a la siguiente hasta que no he finalizado la anterior

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

20.- Cuando me enfrento a una situación problemática la noche antes del examen, trato de pensar que estoy preparado para realizarlo bien

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

21.- Cuando me enfrento a una situación problemática, hablo con alguien para saber más de la situación

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

22.- Cuando me enfrento a un problema, como sentir ansiedad durante el examen, trato de verlo como algo lógico y normal de la situación

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE

23.- Cuando me enfrento a una situación problemática, cambio algunas cosas para obtener buenos resultados.

NUNCA ALGUNA VEZ BASTANTES VECES MUCHAS VECES SIEMPRE