

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE
HIDALGO

Escuela de Ciencias Físico – Matemáticas
“Luis Manuel Rivera Gutiérrez”

ACTIVACION DEL SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO, EN
ESTUDIANTES DE FISICO MATEMATICAS, AL RESOLVER
PROBLEMAS EN EL AREA PREFERENTE Y NO PREFERENTE
(FISICA O MATEMATICAS)

Tesis para obtener el grado de
Licenciatura en Ciencias Físico – Matemáticas
Presenta la alumna:
Pérez López Carmen Eridani

Asesor: M. C. Humberto Ruiz Vega

Diciembre 2008

INDICE GENERAL

PRESENTACION	3
1 INTRODUCCION	5
1-1 Sistema Cardiovascular	5
1.2 Sistema Nervioso	
1.2.1 Sistema Nervioso Central	10
1.2.2 Sistema Nervioso Periférico	10
1.2.3 Sistema Nervioso Autónomo (SNA) O Neurovegetativo	11
2 VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y METODOS DE ANALISIS	13
2.1 Frecuencia Cardiaca	13
2.2 Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca	16
2.2.1 Método del dominio del Tiempo	17
2.2.2 Método del dominio de las Frecuencias	19
3. DESARROLLO EXPERIMENTAL	22
3.1 VARIABLES DE PRIMERA PERSONA	22
3.2 PENSAMIENTO FISICO Y MATEMATICO	23
3.3 OBJETIVO	26
3.4 HIPOTESIS	27
3.5 MATERIAL Y METODOS	27
4 RESULTADOS Y DISCUCION	29
5 CONCLUSIONES	34
6 BIBLIOGRAFIA	

PRESENTACION

A través de las Ciencias Físico - Matemáticas se abordan directa e indirectamente un gran número de aspectos, interactuando con otras disciplinas a nivel más fundamental y contribuyendo al desarrollo de otras ramas de las ciencias, como salud, psicología, sociología y educación, entre otras.

En el presente trabajo se abordan diferentes áreas:

- Educativa, en cuanto a la respuesta fisiológica a la aplicación de cuestionarios y el tipo de variables que condicionan dicha respuesta.
- Fisiológica, en cuanto al análisis de señales electrocardiográficas que nos proporcionan indicadores sobre el funcionamiento del sistema nervioso autónomo, a través de las frecuencias presentes en las variaciones de los periodos cardiacos, evaluados latido a latido (fenómeno conocido como variabilidad de la frecuencia cardiaca).
- Psicológica, en cuanto a la relevancia de variables subjetivas que, al considerarse, hacen surgir patrones en el tipo de respuesta fisiológica al atender evaluaciones de conocimientos.
- Sociológica, en cuanto a las diferencias de género que pueden presentarse en el proceso educativo, ya que hay reacciones diferentes en hombres y mujeres.

Con ello, esperamos contribuir a la promoción y fortalecimiento del desarrollo de trabajos interdisciplinarios, donde las Ciencias Físico – Matemáticas interactúan con otras áreas del conocimiento, como las antes señaladas. Es una invitación a profundizar en la interrelación que existe entre todas las manifestaciones de desarrollo humano.

En el capítulo 1 se abordarán algunos aspectos fisiológicos que resultan necesarios para comprender el desarrollo experimental planteado en el capítulo 3.

Así, en el primer capítulo se presenta una breve descripción del sistema cardiovascular y del sistema nervioso, cuya interacción hace posible contar con un valioso método no invasivo de evaluación de la actividad autonómica: la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que se discute en el capítulo 2.

Los capítulos 3, 4 y 5 presentan el desarrollo experimental, resultados y conclusiones (respectivamente), que constituyen la aportación del presente trabajo al desarrollo de las Ciencias Físico – Matemáticas.

INTRODUCCION:

1.1 EL SISTEMA CARDIOVASCULAR

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la principal causa de muerte en el mundo entero y en nuestro país, lo que justifica la gran cantidad de estudios que se desarrollan sobre este tema. La modulación de la actividad del corazón por el sistema nervioso autónomo constituye un factor relevante en la generación, desarrollo y desenlace de las enfermedades cardiovasculares y este tipo de alteraciones son abordadas en el presente trabajo.

Las vías de comunicación son necesarias y en nuestra vida diaria son de gran utilidad. Nuestro organismo no es la excepción y también necesita una red de transporte perfectamente entramada para llevar materiales a los millones de células que forman nuestro cuerpo. La red de transporte que realiza estas funciones en nuestro cuerpo es el llamado aparato circulatorio y sus funciones se pueden resumir básicamente en dos:

- 1.- Distribuir por todo el organismo los alimentos y hormonas, así como recoger los productos de desechos del metabolismo celular y llevarlos hasta los órganos que intervienen en su eliminación.
- 2.- Distribuir el oxígeno por todo el cuerpo.

El corazón y el aparato circulatorio componen el sistema cardiovascular. El corazón actúa como una bomba que impulsa la sangre hacia los órganos, tejidos y células del organismo. La sangre suministra oxígeno y nutrientes a cada célula y recoge el bióxido de carbono y las sustancias de desecho producidas por las células. La sangre es transportada desde el corazón al resto del cuerpo por medio de una red compleja de arterias, arteriolas y capilares y regresa al corazón por las vénulas y venas.

{1}

1.1.1 EL CORAZON

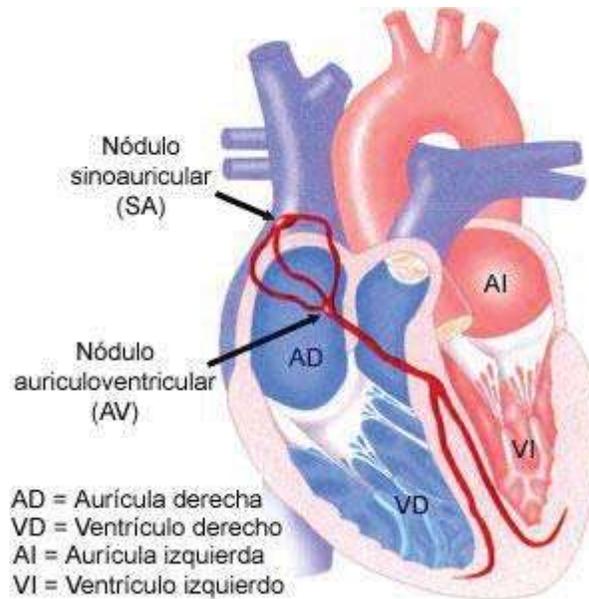


Fig. 1 Anatomía del corazón

El corazón es la bomba que suministra la fuerza necesaria para impulsar la sangre a través de todo el cuerpo; pesa entre (200 a 425 gramos) y es un poco más grande que una mano cerrada. Al final de una vida larga, el corazón de una persona puede haber latido (es decir, haberse dilatado y contraído) más de 3.500 millones de veces. Cada día, el corazón late alrededor de 100.000 veces, bombeando aproximadamente 7.571 litros de sangre.

El corazón no sólo debe bombear sangre continuamente, sino que ha de hacerlo con un caudal variable, de acuerdo con las necesidades del organismo en cada instante. Para conseguirlo ha de ponerse en marcha una serie de mecanismos extremadamente delicados y sincronizados, controlados en su mayoría por el sistema nervioso autónomo SNA. [1]

El corazón está formado por 4 compartimentos: 2 aurículas y 2 ventrículos, constituidos principalmente por miocardio o músculo cardíaco. Los ventrículos tienen paredes más gruesas que las aurículas, por trabajar a mayores presiones que las aurículas.

El miocardio necesita un estímulo para ser excitado y provocar la contracción que impulse la sangre al aparato circulatorio. Los impulsos eléctricos que estimulan la contracción del corazón se originan de manera automática en el nódulo sino auricular (SA) ubicado en la parte superior de la aurícula derecha. El nódulo SA también se denomina el «marcapasos natural» del corazón. Los impulsos eléctricos de este marcapasos natural se propagan por las fibras musculares de las aurículas y los ventrículos estimulando su contracción, que se ve enseguida precedida por la relajación del músculo cardíaco. Aunque el nódulo SA envía impulsos eléctricos a una velocidad determinada, la frecuencia cardíaca podría variar según las demandas físicas o el nivel de estrés o debido a factores hormonales. {3}

Por lo tanto, el corazón realiza dos tipos de movimientos, denominados **sístole** o movimiento de contracción y **diástole** o movimiento de relajación. El tiempo transcurrido entre latido y latido es un periodo cardíaco y su inverso la frecuencia cardíaca instantánea [3]

Conforme se va acumulando sangre en las cavidades superiores (las aurículas derechas e izquierda), el marcapasos natural del corazón (el nódulo SA) envía una señal eléctrica que estimula la contracción de las aurículas. Esta contracción impulsa sangre a través de las válvulas tricúspide y mitral hacia las cavidades inferiores que se encuentran en reposo (los ventrículos derecho e izquierdo). La acción de bombeo comienza cuando los ventrículos están llenos de sangre y las señales eléctricas generadas por el nódulo SA se propagan por una vía de conducción eléctrica a los ventrículos estimulando su contracción.

Al cerrarse firmemente las válvulas tricúspide y mitral para impedir el retorno de sangre, se abren las válvulas pulmonar y aórtica. Al mismo tiempo que el ventrículo derecho impulsa sangre a los pulmones para oxigenarla, fluye sangre rica en oxígeno del ventrículo izquierdo al corazón y el cuerpo entero.

El corazón no actúa de forma independiente, está inervado por las ramas simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo, que actúan incrementando o disminuyendo (respectivamente) la

frecuencia El cerebro detecta tanto los estímulos generados las condiciones a nuestro alrededor (el clima, los factores estresantes y el nivel de actividad física, entre otros factores) como los estímulos generados al interior del organismo (cambios de presión arterial y cambios químicos, entre otros) y regula el sistema cardiovascular para poder satisfacer las necesidades del organismo en esas condiciones.

La presión arterial es generada por la contracción del corazón. Cuando el corazón se contrae envía un torrente de sangre a las vías circulatorias, con una presión denominada sistólica y cuando el corazón se relaja entre latidos, disminuye la presión en las arterias hasta la llamada presión diastólica.

La presión arterial se escribe convencionalmente como la presión sistólica sobre la diastólica. En condiciones estándares los niveles de presión arterial normales son aquellos que están por debajo de 120/80mmHg.

1.2 SISTEMA NERVIOSO

El sistema nervioso (SN) constituye el sistema de control más importante del organismo y, junto con el sistema endocrino, desempeña la mayoría de las funciones de regulación. En general, el SN controla las actividades rápidas del cuerpo, como las contracciones musculares, los fenómenos viscerales que evolucionan rápidamente, e incluso las secreciones de algunas glándulas endocrinas. En cambio, el sistema endocrino, regula principalmente las funciones metabólicas del organismo.

{4}

El funcionamiento del sistema nervioso está ligado a la información que recibimos, del exterior por medio de los órganos de los sentidos y del interior por vías especializadas. La información se transmite al cerebro por pulsos eléctricos, donde son procesados y donde se elabora una respuesta, que puede ser inmediata o a largo plazo, que es ejecutada también mediante pulsos eléctricos que se transmiten a través de las neuronas o células constitutivas del sistema nervioso.

El sistema nervioso es la parte más complicada del cuerpo humano, su funcionamiento aún no se conoce completamente, sin embargo, ya se sabe que de él depende la mayor parte del control fisiológico del organismo.

El sistema nervioso consta de tres partes, el sistema nervioso central, el sistema nervioso periférico y el sistema nervioso autónomo o neurovegetativo, que a continuación se describen.

1.2.1 SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNC)

El SNC está formado por el cerebro y la médula espinal. Su función es interpretar y procesar la información que recibe por estímulos eléctricos, tanto del exterior como del interior del organismo, para luego enviar la información requerida, también por estímulos eléctricos, al lugar adecuado del cuerpo. En el SNC residen todas las funciones superiores del ser humano, tanto las cognitivas como las emocionales. [19]

1.2.2 SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO (SNP)

El SNP está constituido por el tejido nervioso que se encuentra fuera del SNC, representado fundamentalmente por los nervios periféricos que inervan los músculos y los órganos. {5}

Las neuronas que captan la información y la transmiten al cerebro se llaman sensoriales. Sin embargo, hay algunas que pueden activar directamente los nervios motores provocando una acción muscular rápida sin esperar a que llegue la información al cerebro y luego éste transmita la orden para activar el músculo. Este tipo de acción se llama reflejo y previene al cuerpo de daños serios; por ejemplo, si tocamos un cuerpo muy caliente primero retiramos la mano (acto reflejo) y luego sentimos el dolor.

El mecanismo por el cual se transmite la información es complejo, aquí nos limitaremos exclusivamente a los fenómenos eléctricos. Comenzaremos por decir que a través de la superficie del axón existe una diferencia de potencial debido a que en la parte interna existe una mayor concentración de iones negativos; se dice que la neurona está polarizada. Como respuesta a un estímulo, de naturaleza eléctrica o química, la membrana de la neurona se despolariza, lo que

constituye la aparición de un potencial de acción que se propaga a lo largo del axón y es capaz de transmitirse a otras neuronas que forman la red del sistema.

De manera que podemos comparar la red nerviosa del cuerpo humano con las conexiones internas de una computadora: la información se transmite por pulsos eléctricos de un punto a otro hasta llegar al cerebro, el cual manda a su vez información por pulsos eléctricos al lugar donde se requiera. {13}

1.2.3 SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO (SNA)

Este sistema, también llamado neurovegetativo, no se halla bajo el control de la voluntad, de ahí que reciba otras denominaciones, como las de sistema nervioso involuntario. Sin embargo, es de señalar que esta característica clásicamente asociada con el SNA es actualmente cuestionada, reconociendo que, bajo el entrenamiento adecuado, existe cierto grado de control voluntario sobre parte de la actividad de dicho sistema. (19)

El SNA regula las funciones internas del organismo, con objeto de mantener el equilibrio fisiológico, y forma el soporte visceral para el comportamiento somático ajustando el organismo anticipadamente para responder al estrés. El SNA controla la mayor parte de la actividad involuntaria de los órganos y glándulas, tales como el ritmo cardíaco, la digestión o la secreción de hormonas. Por ejemplo, en el término de 3 a 5 segundos puede incrementar la frecuencia cardíaca; la sudoración puede comenzar en segundos y la vejiga puede vaciarse en forma involuntaria, también en segundos.

La función del sistema nervioso autónomo es la de regular la función de los órganos, según cambian las condiciones internas del organismo y las medioambientales. Las señales autonómicas eferentes son transmitidas al cuerpo a través de dos subdivisiones principales denominadas *sistema nervioso simpático* y *sistema nervioso parasimpático*. Cuyas características y funciones las comento a continuación. {6}

El sistema nervioso simpático es el responsable del aumento de la actividad en general del organismo en condiciones de estrés. {6}. Así, por ejemplo, el sistema nervioso simpático es estimulado por el ejercicio físico, ocasionando un aumento de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca, dilatación de las pupilas, aumento de la perspiración y erizamiento de los cabellos. Al mismo tiempo, se reduce la actividad peristáltica y la secreción de las glándulas intestinales.

Las funciones de este sistema, en general son antagónicas de las del sistema simpático. La estimulación general del parasimpático favorece las funciones vegetativas (salivación, vaciamiento del intestino y la vejiga). Cuando predomina, reduce la respiración y el ritmo cardíaco, estimula el sistema gastrointestinal incluyendo la defecación y la producción de orina y la regeneración del cuerpo que tiene lugar durante el sueño. {6}

Los efectos en el corazón de la estimulación simpática aumenta la actividad cardíaca global. Esto es por un incremento de la frecuencia cardíaca y de la fuerza del latido cardíaco. La estimulación parasimpática produce principalmente los efectos opuestos. Para expresar estos efectos, la estimulación simpática aumenta la eficacia del corazón como bomba, mientras que la parasimpática disminuye su capacidad de bombeo.

Los sistemas parasimpático y simpático actúan normalmente de una manera recíproca equilibrada. Cuando este equilibrio se rompe, se ven alteradas diversas funciones fisiológicas que conducen al desarrollo de enfermedades, como arterioesclerosis, trombosis coronaria, arritmias, trastornos emocionales, fenómenos inflamatorios, alteraciones del sistema inmunológico, entre muchas otras.

En general, la estimulación simpática aumenta la actividad cardíaca, incrementando la frecuencia e intensidad de los latidos. La actividad parasimpática causa sobre todo efectos opuestos disminuyendo la actividad global del corazón.

2.- VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDIACA Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

2.1 - FRECUENCIA CARDIACA

Una vez que se genera un impulso eléctrico en el nodo sino auricular comienza un ciclo de acontecimientos eléctricos y mecánicos en el corazón que en su conjunto se denomina ciclo cardíaco. La frecuencia cardíaca se define como las veces que late el corazón por unidad de tiempo y normalmente se expresa en pulsaciones por minuto.

El número de contracciones por minuto depende de muchos factores. Por ello, la frecuencia cardíaca es de gran utilidad tanto para médicos, entrenadores, deportistas profesionales y para nuestro caso en evaluar la actividad del Sistema Nervioso Autónomo SNA.

El corazón es un músculo que puede funcionar a diferentes frecuencias, desde la más baja cuando estamos durmiendo a la más alta cuando hacemos un esfuerzo muy intenso. Otros factores no menos importantes que influyen en su funcionamiento son el estrés, la genética, edad y sexo.

La frecuencia cardíaca normal, para un adulto sano, se encuentra entre 60 y 100 ppm (pulsaciones por minuto). Existen factores importantes que modulan la frecuencia cardíaca, como el género: la mujer, por término medio, tiene las pulsaciones más altas que los hombres por lo cual sus pulsaciones para un trabajo dado deberían ser ligeramente superiores que en los hombres.

Cabe mencionar que el ejercicio ayuda a disminuir la frecuencia cardiaca, fortaleciendo todo el sistema cardiovascular y sobre todo el corazón, que podrá repartir más sangre por el organismo y necesitará de menos pulsaciones para saciar de oxígeno y nutrientes todas las células. Así que un deportista en reposo tiene entre 40 y 50ppm.

La BRADICARDIA se define como el descenso del ritmo cardiaco, cuando una persona normal presenta una frecuencia cardiaca inferior a 60 ppm estando en reposo. Normalmente ocurre durante el sueño y puede llegar hasta 30 ppm y no implicar necesariamente la presencia de una enfermedad grave. Algunas de sus causas son infarto al miocardio, hipotiroidismo, hipotermia.

La TAQUICARDIA se define como el aumento del ritmo cardiaco, cuando una persona estando en reposo presenta una frecuencia cardiaca superior a 100 ppm. Es más común que lo presenten las mujeres. Esta aceleración puede ser causada por el abuso de estimulantes como el café, alcohol y tabaco así como enfermedades de las arterias o del corazón.

La frecuencia cardiaca instantánea, evaluada como el inverso entre el periodo latido a latido, no se mantiene constante. Ésta Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC) es el resultado, en su mayor parte, de las interacciones entre el sistema nervioso autónomo y el aparato cardiovascular. De esta manera, -mediante el análisis de la VFC se puede estudiar la actividad del sistema nervioso autónomo de manera no invasiva. [24]

Ambas divisiones del SNA, simpática y parasimpática, actúan simultáneamente y producen oscilaciones características del ritmo cardiaco, constituyendo así el principal origen de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

En general, el cuerpo puede variar su frecuencia cardiaca en respuesta de una gran variedad de condiciones. La frecuencia cardiaca puede incrementarse a causa de un aumento de la actividad simpática o una disminución de la actividad parasimpática; los cambios en la dirección contraria producirán un descenso de la frecuencia cardiaca. Así, la Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca

constituye un marcador no invasivo que refleja la actividad de los componentes simpático y parasimpático.

La actividad eléctrica del corazón se registra mediante un electrocardiograma (ECG), colocando electrodos en lugares específicos del cuerpo (pecho, brazos y piernas). En un ECG pueden identificarse ondas características asociadas con la actividad eléctrica del corazón, como en la figura 2 se ilustran: P (despolarización auricular), complejo QRS (despolarización ventricular) y T (re polarización ventricular). Generalmente se toma el intervalo entre dos ondas R como una medida del periodo cardiaco y su inverso como la frecuencia cardiaca instantánea.

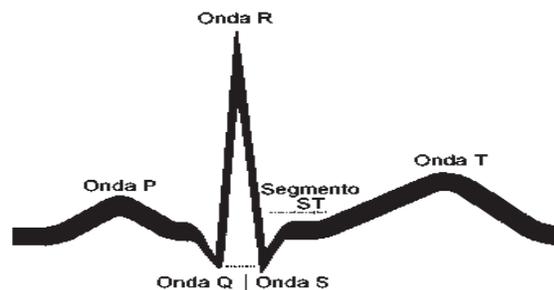


Fig.2 Ondas P, R, S y T del ECG.

La medición del periodo latido a latido al transcurso del tiempo conduce a la gráfica que ilustra de manera visual la variabilidad latido a latido; a esta representación gráfica se le llama tacograma. (Figura 3)

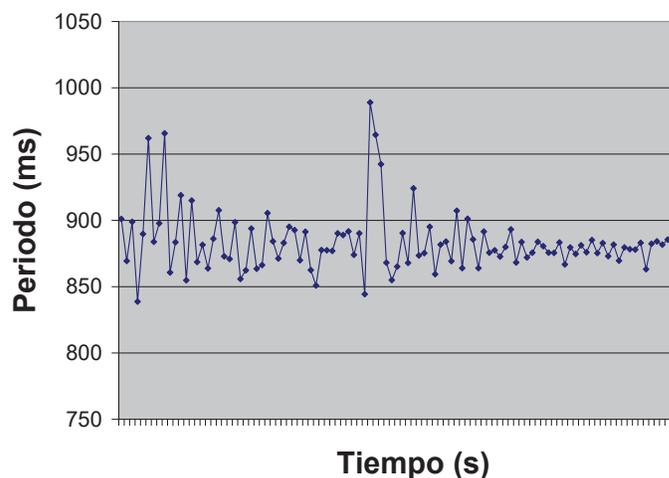


Fig.3 Tacograma

2.2 Análisis de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC)

A partir del tacograma puede evaluarse la VFC. Generalmente se utilizan registros ECG de 24 horas (monitoreo ambulatorio) o registros cortos de aproximadamente 5 minutos, que son los que se utilizan con mayor frecuencia por evidentes razones: una mayor facilidad para la adquisición y procesamiento de datos. La VFC pueden ser evaluada por varios métodos, clasificándose los más frecuentemente utilizados en dos categorías: Métodos en el dominio del tiempo y Métodos en el dominio de las frecuencias, que enseguida se describen.

2.2.1 - METODO EN EL DOMINIO DEL TIEMPO

En este método se utiliza un registro electrocardiográfico, evaluando los periodos cardiacos entre latidos normales (ausentes de arritmias, denotados como NN). Se pueden calcular entonces algunos indicadores simples de VFC, como la diferencia entre el periodo mayor y el periodo menor.

Los indicadores de VFC en el espacio del tiempo que más frecuentemente se utilizan, y que adelante se describen, son:

- SDNN: La desviación estándar de los intervalos N-N.
- SDANN: Para registros largos, el promedio de las desviaciones estándar de los intervalos N-N en registros de 5 minutos.
- RMSSD: La raíz cuadrada del promedio de la suma de las diferencias al cuadrado, entre intervalos R-R.
- NN50: Número de intervalos NN cuya diferencia con el anterior sea mayor de 50 milisegundos.
- pNN50 (%): Porcentaje de los NN50 registrados:
(21).

La desviación estándar de los intervalos NN (SDNN), la raíz cuadrada de la varianza, es aceptada actualmente como un indicador de VFC para registros de 5 minutos. (20)–Ya que la varianza es matemáticamente igual a la potencia total del análisis espectral, la desviación estándar SDNN refleja el total de los componentes cíclicos responsables de la variabilidad en el periodo registrado.

$$SDNN = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Dado que el tacograma no es una señal estacionaria (sus características cambian al transcurso del tiempo), el valor de SDNN no es una cantidad bien definida, por lo que resulta necesario estandarizar el intervalo de tiempo de evaluación para comparar valores, aceptándose actualmente registros de 5 minutos. Para registros mayores, se calcula SDNN cada 5 minutos y se obtiene un promedio de ellos (SDANN).

La raíz cuadrada del promedio de las diferencias al cuadrado de los intervalos sucesivos NN (RMSSD).

$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1})^2}{n}}$$

El número de -intervalos -NN cuya diferencia con el anterior sea mayor de 50 milisegundos (NN50). También se utiliza pNN50, la proporción derivada de dividir NN50 entre el número total de los intervalos NN.

En experimentos clínicos se ha encontrado que SDNN está asociado con la actividad total del SNA, en tanto que el resto de los parámetros se han encontrado asociados con actividad parasimpática.

2.2.2 - METODO EN EL DOMINIO DE LAS FRECUENCIAS

El análisis de la densidad de potencia espectral (PSD) proporciona información básica de cómo la potencia (varianza) se distribuye como función de la frecuencia.

Este análisis se clasifica generalmente en:

- Métodos no Paramétricos, usando la Transformada de Fourier.
- Métodos Paramétricos, es un método más complejo y requiere la verificación del modelo escogido.

Para el análisis de nuestros resultados experimentales se utilizó el análisis de Fourier, que evalúa la relación entre una señal en el dominio del tiempo y su representación en el dominio de las frecuencias, como a continuación se describe. (17).

El Análisis de Fourier es una de las herramientas más comunes utilizadas para sistemas de ondas complejas. La base del Análisis de Fourier se conoce como Teorema de Fourier nos dice que una función $f(t)$ una función periódica de periodo T , puede expresarse por serie trigonométrica

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + a_1 \cos \omega_0 t + a_2 \cos 2\omega_0 t + \dots + b_1 \sin \omega_0 t + b_2 \sin 2\omega_0 t + \dots$$
$$= \frac{1}{2} a_0 + \sum (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t), \text{ donde } \omega_0 = 2\pi/T$$

(17)

Que también se puede representar como $f(t) = C_0 + \sum C_n \cos(n\omega_0 t - q_n)$,

Donde $\omega_n = n\omega_0$ se denomina la n -ésima armónica de la función periódica. A la primera armónica se le conoce como la componente fundamental ya que tiene la misma frecuencia de la función.

Otra representación de las series de Fourier, es a través de exponenciales complejas ($e^{\pm jn\omega_0 t}$)

Por medio de una serie de pasos algebraicos la función puede representarse como:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega_0 t}$$

La magnitud de los coeficientes complejos C_n versus la frecuencia ω , se denomina espectro de amplitud de la función periódica $f(t)$ y especifica la función periódica $f(t)$ en el dominio de la frecuencia.

El cuadrado de la magnitud de los coeficientes complejos C_n se encuentra asociado con la potencia de la onda, que se reporta en una gráfica de densidad espectral de potencia. La figura 4 ilustra un tacograma y su espectro de potencias obtenido a través de un análisis de Fourier.

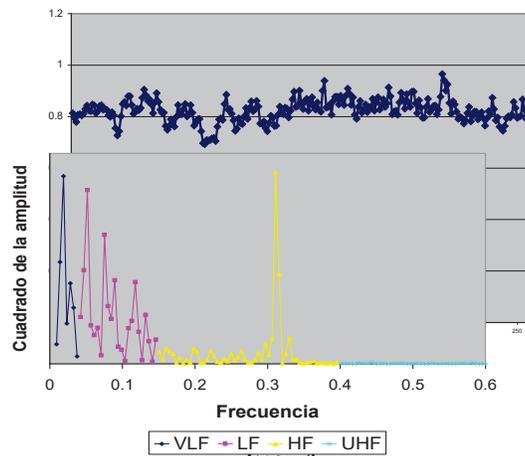


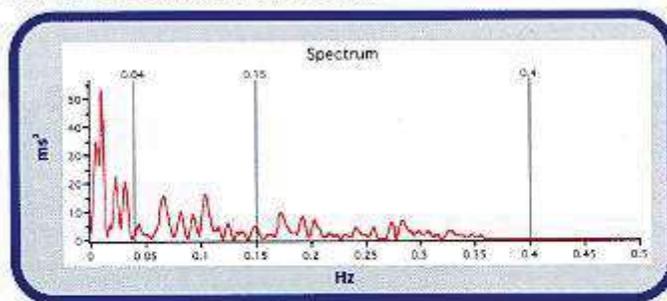
Fig. 4

El espectro de potencias del tacograma presenta valores significativos en el rango de 0 a 0.4 HZ.

(Fig. 3). Éste rango se clasifica en tres bandas (Fig. 5):

- De 0.003 a 0.04HZ muy bajas frecuencias (VLF).
- De 0.004 a 0.15Hz bajas frecuencias (LF)
- De 0.15 a 0.4Hz altas frecuencias (HF)

Figura 3. Dominio de Frecuencia.



Espectro. Se obtiene de la transformación rápida de Fourier, mostrándose en las abscisas tres bandas: muy baja frecuencia (< 0.04 ciclos/s o Hz), baja frecuencia o LF (0.04 a 0.15 Hz) y alta frecuencia o HF (0.15 a 0.4 (Hertz)); en las ordenadas el poder en ms².

Fig. 5

En diversos estudios fisiológicos se ha encontrado que la magnitud del indicador LF (0.04 – 0.15Hz) de las bajas frecuencias se encuentra asociada con la actividad del sistema simpático, en tanto que la magnitud del indicador HF (0.15 – 0.4Hz) de las altas frecuencias se encuentra asociado con la actividad del sistema parasimpático.

Por lo anterior, los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca han sido reconocidos como estimadores cuantitativos confiables de la actividad del sistema nervioso autónomo y pueden ser utilizados para evaluar los cambios en el equilibrio simpático –parasimpático de dicho sistema en respuesta a diferentes estímulos, como se realizó en el presente trabajo.

3 DESARROLLO EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se describe el desarrollo del estudio experimental, realizado en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas con la participación de los alumnos de la misma para la obtención de los datos que se analizan en este trabajo.

Básicamente, el estudio consistió en analizar, desde dos perspectivas, el patrón de respuesta de cambio en la actividad autonómica al contestar un cuestionario de física y uno de matemáticas. Un análisis se realizó considerando como variable independiente el área de conocimiento (física o matemáticas), entendidas éstas como variables objetivas (o variable de tercera persona). El segundo análisis se realizó considerando como independiente una variable subjetiva (o variable de primera persona): la preferencia del sujeto por el área de conocimiento.

Se analizan y comparan los resultados obtenidos bajo ambos análisis, considerando adicionalmente el género del participante.

3.1 VARIABLES DE PRIMERA PERSONA

Se entiende por variable de primera persona aquella característica de una experiencia que se vive, asociada con eventos mentales y cognitivos, y que refleja por lo tanto un carácter subjetivo.

En contraste, las variables de tercera persona se refieren a aquellas características que describen, desde el exterior, la ocurrencia de fenómenos naturales. Se atribuye a estas variables un carácter objetivo y son el objeto central de estudio de las ciencias naturales en general.

Sin embargo, la ciencia actual nos indica que no es posible separar lo observado del observador, lo que nos lleva a irremediamente a concluir que existe una relación entre las variables de 1ª y 3ª persona que requiere ser analizada, como lo han hecho algunos autores. (REF 27, 28, 29)

El enfatizar variables de primera persona ha permitido identificar patrones de actividad electroencefalográfica en estudios de neurociencias, buscando encontrar la relación entre los estados neuronales (observados bajo una perspectiva de tercera persona) y los estados mentales (observados

bajo una perspectiva de primera persona). Se reporta que se obtienen resultados diferentes cuando los datos se analizan desde una u otra de las dos perspectivas señaladas. (REF 28, 29)

La incorporación de variables de primera persona, en su relación con observaciones de tercera persona, es sin duda un tema que habrá de desarrollarse extensamente en el futuro próximo.

3.2 PENSAMIENTO FISICO Y MATEMATICO

Las formas de pensamiento de físicos y matemáticos pueden parecer muy iguales para personas alejadas de estas ciencias. Tanto es así que aún el nombre de nuestra dependencia “Facultad de Ciencias Físico – Matemáticas” sugiere la similitud de estas áreas.

Sin embargo, la siguiente redacción hará referencia a diferencias entre las formas de razonamiento en estas dos áreas del conocimiento. Los físicos y los matemáticos entienden claramente estas diferencias, mismas que probablemente no podrán ser apreciadas por quienes no cultivan estas disciplinas, lo que refuerza el hecho de que la preferencia por una u otra de las especialidades es de carácter subjetivo, depende de aspectos internos, y es por lo tanto una variable de primera persona.

El razonamiento es una operación por medio de la cual encadenamos varios juicios para llegar al final, a una conclusión. De manera general, se distinguen dos formas del razonamiento: la inducción y la deducción.

El razonamiento por inducción se refiere a la construcción de conocimiento en base a las experiencias, alas observaciones, por lo que se utiliza de manera importante en el desarrollo de las ciencias experimentales. Consiste en centrarse en la observación o experimentación de un número de casos o hechos particulares para encontrar las leyes que los rigen, es decir, a las relaciones y constantes entre los mismos. Por lo tanto la inducción es, el razonamiento que va de los hechos a la

ley que los explica. Si las observaciones han sido bien hechas o los experimentos se han realizado metódicamente, aunado a un pensamiento adecuado, se estaría en el camino para enunciar una ley.

El número de hechos que un hombre puede observar o con los cuales puede experimentar es forzosamente limitado. Lo característico de la inducción, experimentación y observación es la generalización, y consiste en afirmar que la ley es válida y se aplica a un número infinito de hechos del mismo orden, observados y no observados, pasados, presentes y futuros.

Galileo por ejemplo, descubrió y probó utilizando el método experimental, y valiéndose de un plano inclinado, que la velocidad con que caen los cuerpos es proporcional a la duración de la caída, y que el espacio recorrido es también proporcional al cuadrado de los tiempos. Al formular Galileo esa ley, no se refería al pequeño número de cuerpos, y no quería indicar tampoco que hasta aquel momento había ocurrido así, sino afirmaba que, siempre y necesariamente los cuerpos caerían obedeciendo a esa ley.

Por otro lado tenemos el razonamiento por deducción. En el cual se va de un principio o una ley, cuya validez se acepta a la consecuencia que de aquél o aquella se deriva. Mencionemos el tipo clásico de deducción es el silogismo. Un silogismo es una cadena formada por tres proposiciones íntimamente unidas entre sí de manera tal que la última, llamada conclusión, se deriva necesariamente de las dos primeras, llamadas premisa mayor y premisa menor.

Aunque la inducción y la deducción se aplican tanto en la Física como en las Matemáticas, ello se hace con matices diferentes.

Al hablar sobre el método científico y sobre la filosofía de la ciencia, se selecciona generalmente a la física como ejemplo prototipo, ya que es el área de las ciencias naturales más desarrollada y adelantada. La física persigue conocimientos abstractos y generales, aplicables a todo el universo material.

Por otra parte, la matemática y la lógica, como disciplinas formales, tienen una categoría singular, ya que se ocupan exclusivamente de relaciones abstractas y no se preocupan para nada de los eventos

materiales. La matemática proporciona un lenguaje y una lógica ideal para la formulación cuantitativa de las relaciones funcionales que existen entre las variables materiales susceptibles de una medición precisa. Pero es obvio que los propósitos y métodos de los matemáticos difieren básicamente de los que tienen y aplican todos los demás investigadores.

Para no citar más que un ejemplo, la matemática acepta como verdaderas las proposiciones que, dado un grupo de definiciones de los símbolos empleados en ellas y una exposición precisa de las reglas de las operaciones que es lícito aplicar a dichos símbolos, tienen consistencia lógica con un sistema de axiomas que ha sido adoptado arbitrariamente. Por otra parte, el criterio de las ciencias naturales con respecto a la verdad es radicalmente distinto; sólo se aceptan como verdaderas las leyes o teorías cuando son congruentes con los eventos materiales a los cuales se refieren. En donde la matemática no incluye fenómeno material alguno.

Sin embargo, cabe mencionar que existe una gran relación entre la física y las matemáticas. Es una relación de años de tradición. Así, por ejemplo, Hilbert (un gran matemático) planteó el tratamiento matemático de los axiomas de la física. [26]

El propósito de la ciencia es la racionalización tanto de los eventos mentales como de los que se desarrollan en el universo material. Si basáramos nuestros conocimientos exclusivamente en la información que nos aportara la conciencia personal de varios sujetos, heterogénea y sin ningún desarrollo de estabilidad, seguramente nuestro avance en conocimientos sería muy pequeño. Por ello, es necesario sumar a ésta información las que nos comunican otras personas, y sin embargo, estas comunicaciones no tendrían sentido para nosotros si no se refiriesen a los eventos consientes que percibieron directamente las personas que las emiten. Este razonamiento nos señala una interdependencia entre variables subjetivas de primera persona y variables externas que comparten muchas personas.

Por las diferencias anteriormente señaladas, cabría esperar una respuesta fisiológica distinta al resolver un cuestionario de Física y otro de Matemáticas, es decir, que cada forma particular de pensamiento tuviese su patrón de respuesta.

Aquí el área de estudio tiene características de una variable objetiva, de tercera persona, en tanto que la preferencia del alumno por una de las áreas es una variable subjetiva, de primera persona.

3.3 OBJETIVOS

- Evaluar los cambios en la actividad del sistema nervioso autónomo, a través de indicadores de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, en estudiantes de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas sometidos a cuestionarios de Física y de Matemáticas.
- Analizar los resultados en función del área de estudio y en función de la preferencia del alumno por el área.

3.4 HIPOTESIS:

Hipótesis I: Los cambios en la actividad autonómica de estudiantes de Ciencias Físico Matemáticas, al someterse a la resolución de cuestionarios en Física y Matemáticas, dependen de las variables de tercera persona: área de física y área de matemáticas.

Hipótesis II: Los cambios en la actividad autonómica de estudiantes de Ciencias Físico Matemáticas, al someterse a la resolución de cuestionarios en Física y Matemáticas, dependen de la variable de primera persona: preferencia por el área.

3.5 MATERIAL Y METODOS

La realización del experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Biofísica del Instituto de Física y Matemáticas. Se llevó a cabo en el turno de la mañana aproximadamente de 9:00am a 12:00pm.

Se evaluaron 9 mujeres y 12 hombres todos ellos alumnos de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas “Mat. Luis Manuel Rivera Gutiérrez”. De la UMSNH, que tenían cubierto más del 50% de los créditos necesarios para el término de la Licenciatura.

Los indicadores de la Variabilidad de la frecuencia cardíaca se obtuvieron a partir de un registro electrocardiográfico con equipo comercial ProComp y Software Cardio Pro.

Para iniciar, se aplicó un cuestionario general a cada voluntario en el cual incluyó lo siguiente:

- Nombre
- Edad
- Sexo
- Créditos
- Porcentaje de preferencia por Física y por Matemáticas (la preferencia de Física mas la preferencia por Matemáticas no tenían porque sumar el 100%).

El diseño del estudio es cuasi-experimental, el cual se llevó a cabo en un salón especialmente adaptado; incluía sillón confortable, escritorio, cojín de mano y audífonos supresores d ruido, se procuró que el salón estuviera aislado de agentes externos tales como el ruido con el fin de evitar en lo posible distracciones del voluntario.

Para realizar el registro de la señal electrocardiográfica, se le pidió al voluntario que tomara asiento en el sillón indicado y se le informó claramente el procedimiento a seguir, haciéndole saber que no existís riesgo alguno de dolor o incomodidad en el procedimiento. Se despojó al voluntario de objetos metálicos que llevara encima, como relojes o pulseras) y se procuró que el voluntario se encontrara lo más relajado posible. A continuación se colocaron electrodos en la muñeca del brazo

izquierdo y en la parte superior de la espalda y se le indicó que colocara su mano izquierda sobre un cojín para mayor comodidad y procurara realizar el menor movimiento brusco posible con el fin de que no se viera alterada la señal.

Cada uno de los voluntarios fue sometido a una sesión de mediciones que comprendió las siguientes etapas (de 5 minutos de duración cada una):

- 1.- Como primera sesión de espera, el voluntario permaneció en calma.
- 2.- Se le entregó el cuestionario correspondiente al área de su preferencia, para su lectura y respuesta. Cabe mencionar que el formato de los cuestionarios que se aplicaron fue de opción múltiple, donde sólo era necesario subrayar o marcar. Terminado un periodo de 5 minutos se procedió a retirar el cuestionario.
- 3.- El voluntario permanece en calma, en sesión de espera.
- 4.-Se repite el paso 2, ahora con el cuestionario correspondiente al área no preferente.

En todos los registros el evaluador dejó sólo al voluntario para su mejor comodidad y con el fin de no crear una sensación de vigilancia.

Las preguntas en física se relacionaron con conceptos de distancia, velocidad y tiempo y las de matemáticas con conceptos de congruencias, buen orden e inducción.

La respuesta del SNA se evaluó mediante los cambios en altas y bajas frecuencias (HF y LF, respectivamente), transformadas a logaritmo natural para obtener una distribución normal de valores y poder aplicar así pruebas t de student.

4 RESULTADOS

En el estudio participaron 21 voluntarios, todos ellos con al menos el 50% de créditos cursados. La edad promedio de los voluntarios que realizaron este estudio fue de 24 años. En el estudio participaron 9 mujeres y 12 hombres.

La tabla 1 muestra el porcentaje de la preferencia en el área de FÍSICA y MATEMÁTICAS que manifestaron los participantes. Hay que recordar que los porcentajes reportados en ambas áreas no necesariamente deberían sumar el 100%; así, por ejemplo, un estudiante podría reportar 80% para física y 90% para matemáticas.

Tabla 1. Porcentaje de preferencia (media \pm desviación estándar) por las áreas de física y de matemáticas.		
	Física	Matemáticas
Hombres	41.66 \pm 29.41	55 \pm 30.07
Mujeres	43.88 \pm 16.72	35 \pm 9.01

La figura 6 muestra gráficamente estos resultados, mostrando además que la preferencia por matemáticas difiere entre hombres y mujeres ($p < 0.05$, prueba t). No se observa diferencia entre las preferencias por física o matemáticas, ni al analizar por género ni en forma global. Por otra parte, en cuanto a matemáticas, se observa una mayor dispersión de valores en el grado de preferencia por los hombres ($\sigma = 30.07$) en comparación con las mujeres ($\sigma = 9.01$) ($p < 0.01$, prueba F).

Porcentaje promedio de preferencia por las áreas de física y de matemáticas

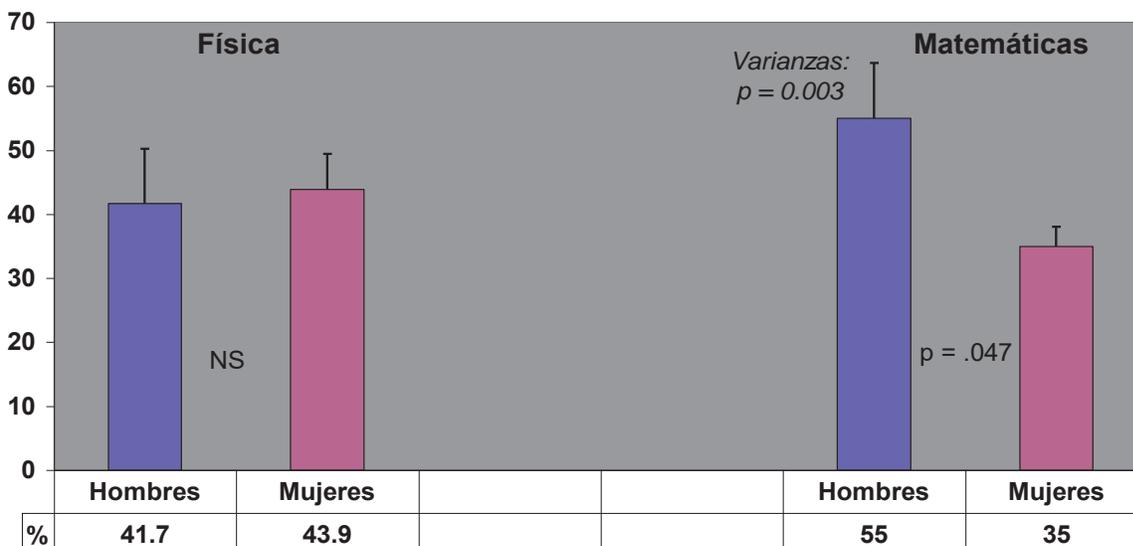


Fig. 6. Porcentaje de preferencia por las áreas de física y matemáticas. Se encuentra una diferencia significativa entre hombres y mujeres para el caso de matemáticas ($p < 0.05$), así como diferencia en las varianzas ($p < 0.01$, prueba F)

Con relación a los cambios en las componentes LF y HF, la figura 9, muestra gráficamente los cambios promedio en $\ln(LF)$ y $\ln(HF)$ para mujeres (M), hombres (H) y el total de participantes (T), al pasar de la sesión de espera a la resolución del cuestionario en las áreas preferente y no preferente. Asimismo, la figura 8 muestra los citados cambios al pasar de la sesión de espera a la resolución del cuestionario en Física y en Matemáticas.

Es importante señalar que se trabaja con el logaritmo natural de las variables para su normalización y una adecuada aplicación de pruebas estadísticas. Por claridad, aparecen con líneas punteadas y colores más tenues los cambios que no resultaron estadísticamente significativos, en tanto que las líneas sólidas y colores más fuertes indican un cambio estadísticamente significativo.

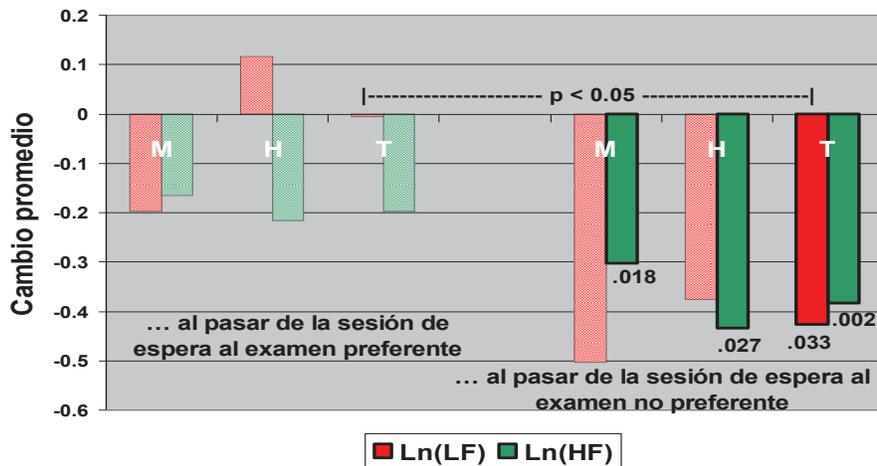


Figura 7. Cambios en Ln (LF) y Ln (HF) al pasar de la sesión de espera al examen preferente y no preferente. Se anotan las significancias de los cambios (prueba t de Student) en las mujeres (M), hombres (H) y total de participantes (T).

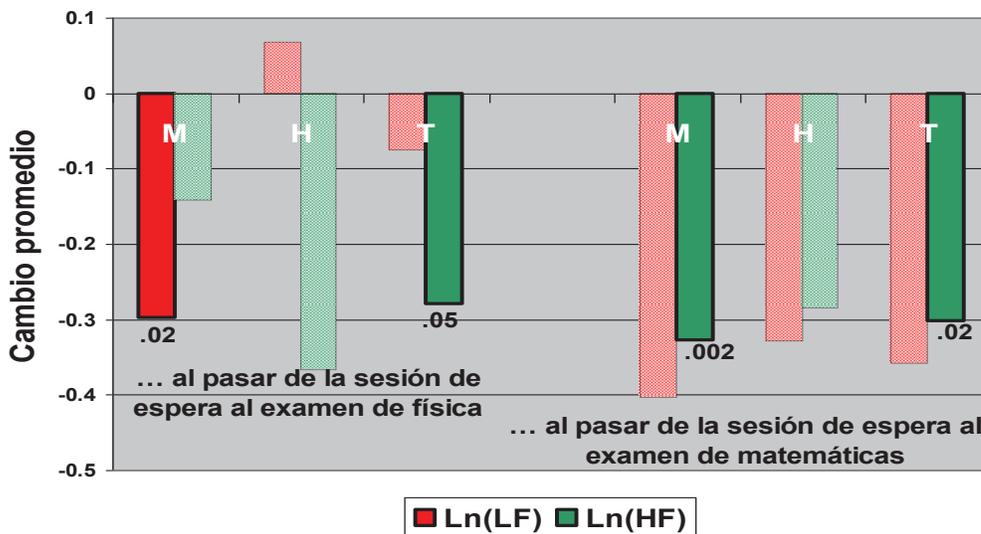


Figura 8. Cambios en Ln (LF) y Ln (HF) al pasar de la sesión de espera a los exámenes de física y de matemáticas. Se anotan las significancias de los cambios (prueba t de Student) en las mujeres (M), hombres (H) y total de participantes (T).

4.1 DISCUSIÓN

En cuanto al área de FÍSICA, se observa que los hombres tienen un porcentaje promedio de preferencia de 41.7% mientras que las mujeres un porcentaje de preferencia de 43.9%, sin diferencia significativa en la preferencia por área de física entre hombres y mujeres (fig. 6).

Para el área de MATEMÁTICAS, la preferencia promedio en mujeres es del 35% y en hombres del 55%. En este caso, la preferencia de los hombres es mayor que la de las mujeres, con una $p=0.047$, por lo que se puede decir que los hombres manifiestan una mayor preferencia por las matemáticas que las mujeres.

Por otra parte, al comparar las desviaciones estándar, se observa una diferencia significativa entre hombres y mujeres para la dispersión de los porcentajes de preferencia por el área de matemáticas. En tanto las mujeres muestran poca dispersión al manifestar su baja preferencia por matemáticas ($SD = 9.01$), los hombres muestran una elevada dispersión al respecto ($SD=30.07$) (Fig. 6).

Con relación a los cambios en los indicadores de variabilidad de la frecuencia cardiaca, al pasar de las sesiones de espera a la resolución de cuestionarios, se observa siempre una disminución de los parámetros analizados.

Sin embargo, es la variable de primera persona (la preferencia o no por el área) la que determina un patrón en las disminuciones observadas. La figura 7 indica que dichas disminuciones se presentan cuando el sujeto pasa de la sesión de espera a la realización de examen en el área no preferente y que esta disminución no se presenta al pasar a la realización de examen en el área preferente. Asimismo, no existen evidencias de que el sexo del paciente influya en esta respuesta, ya que tanto hombres como mujeres responden con el mismo patrón de cambio.

El análisis con el total de participantes confirma este resultado, haciendo patente la disminución en Ln (HF), haciendo además manifiesta una disminución en Ln (LF) que no resultó estadísticamente significativa ni en hombres ni en mujeres aisladamente, quizás a consecuencia de un tamaño de muestra insuficiente.

Los resultados son claros: la respuesta del Sistema Nervioso Autónomo (disminución en Ln(HF) y Ln(LF)) se presenta sólo cuando el sujeto realiza el examen en el área que no es de su preferencia.

En contraste, cuando se analizan los resultados bajo la perspectiva de variables de tercera persona (la naturaleza del área: física o matemáticas), no aparece un patrón en la respuesta del Sistema Nervioso Autónomo: al analizar los resultados del total de participantes, tanto en física como en matemáticas se presenta una disminución para Ln(HF) (Fig 8). No es el área la que determina la respuesta.

Por otra parte, se observa una respuesta diferenciada por el sexo del participante al realizar los exámenes en las áreas de física y de matemáticas. En tanto los hombres no muestran cambios significativos en los parámetros analizados, las mujeres responden, con una respuesta también diferenciada: disminuyen Ln(HF) cuando el examen es de matemáticas y disminuyen Ln(LF) cuando el examen es de Física (Fig. 8).

Desde el punto de vista fisiológico, una disminución en las altas frecuencias (HF) se encuentra asociada con una disminución de actividad parasimpática, que significa una pérdida de protección para la salud del organismo humano. Esta disminución se mostró asociada con la realización de la evaluación en el área no preferente, en la evaluación en física, en la evaluación en matemáticas, pero no cuando se analiza en la evaluación del área preferente.

5 CONCLUSIONES

Entre los alumnos de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, los hombres mostraron una mayor preferencia por matemáticas que las mujeres.

Por otra parte, la preferencia del alumno por el área de estudios (variable subjetiva de primera persona) es determinante en la respuesta del sistema nervioso autónomo a la realización de evaluaciones, indicando con ello la importancia de las variables subjetivas en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6 BIBLIOGRAFIA

- (1) Texas Herat Institute. Anatomía del corazón. Julio 2006
- (2) Texas Herat Institute. El aparato circulatorio. Julio 2006
- (3) Texas Herat Institute. Sistema de conducción. Julio 2006
- (4) Neurología. Anatomía y fisiología del sistema Nervioso
- (5) Neurología . Sistema Nervioso Periférico.
- (6) Neurología. Sistema Nervioso Autónomo.
- (7) Análisis espectral de la variabilidad de la frecuencia Cardíaca, Jaime A. Gallo, Jorge Farbiarz, Diego L. Álvarez. 2 de Junio de 1999.
- (8) Estrés. Roberto Mainieri C. 3 de Noviembre de 1999
- (9) Estrés. Mariano Arnal.
- (10) Un análisis comparativo del estrés en carreras de ingeniería, medicina y educación. Dr. Víctor R. Huaquín Mora.
- (11) Estrés y psiconeuroinmunología. Rena
- (12) Evolución del estrés académico en estudiantes universitarios. Antonia Polo, José Manuel Hernández y Carmen Poza. Universidad Autónoma de Madrid.
- (13) La física en la Medicina. María Cristina Piña Barba. UNAM, 1987.
- (14) Neuropsicología y Género. Emilio García García.
- (15) Psicología general. Erisman . UTEHA No 21121^a.
- (16) Curso elemental de psicología. José M. Velásquez.
- (17) Hwei P. Hsu, Analysis de Fourier, ed Prentice Hall pp.81-82
- (18) Análisis Espectral de la VFC. Jaime Gallo, J. Farbiarz. Diego L. Álvarez.
- (19) Pinel. Biopsicología.
- (20) Saul J.P.,Albrecht P., Berger R.D., Cohen R.J., Analysis of long-trm heart rate variability; Methods computers in cardiology 1987
- (21) Jaime A. Gallo, Jorge Farbiarz, Diego l. Álvarez/vol 12/nº2/junio/1999. Análisis Espectral de la variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.
- (22) INTRODUCCION

- (23) Psicopatología :el estrés
- (24) Claudia L. G. Oscar I. Vázquez. Marco V. José. Sistema de análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.
- (25) Ma. Nolla Domenjó. The cognitive process and professional learning.
- (26) Fernando Lledo. La sutil relación de las matemáticas con la física. 30 agosto del 2006
- (27) Francisco J. Varela and Jonathan Shear
First- person Mythologies: What, Why, How?
Journal of Consciousness Studies, 6, No. 2–3, 1999, pp. 1–14
- (28) Guiding the study of brain dynamics by using firstperson data: Synchrony patterns correlate with ongoing conscious states during a simple visual task
Antoine Lutz, Jean-Philippe Lachaux, Jacques Martinerie, and F. Varela
1586–1591 PNAS February 5, 2002 vol. 99 no. 3
- (29) First person Neuroscience: A new methodical approach for linking mental and neuronal states Georg Northoff and Alexander Heinzl
Philosophy, Ethics, and Humanities in Medicine 2006, 1:3