

## Análisis de la actividad cerebral, el cálculo y el promedio escolar en estudiantes de medicina de la FAMEN UJED

### Analysis of brain activity, calculation and school level in medical students of the FAMEN UJED

RÍOS-VALLES, José Alejandro<sup>1\*†</sup>, VARELA-CERVANTES, Luis Daniel<sup>2</sup>, BARRAGÁN-LEDESMA, Laura Ernestina<sup>3</sup> y SANTIESTEBAN-CONTRERAS, María Tereza<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Instituto de Investigación Científica

<sup>2</sup>Centro de Rehabilitación y Educación especial de Durango

<sup>3</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Facultad de Medicina y Nutrición

<sup>4</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Facultad de Psicología y Terapia de la Comunicación Humana

ID 1<sup>er</sup> Autor: José Alejandro, Ríos-Valles / ORC ID: 0000-0002-8407-3017, Researcher ID Thomson: X-3209-2018, CVU CONACYT ID: 313266

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Luis Daniel, Varela-Cervantes / ORC ID: 0000-0001-7419-6083, Researcher ID Thomson: X-3233-2018, CVU CONACYT ID: 953404

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Laura Ernestina, Barragán-Ledesma / ORC ID: 0000-0001-5929-1648, Researcher ID Thomson: X-9239-2018, CVU CONACYT ID: 204908

ID 3<sup>er</sup> Coautor: María Tereza, Santiesteban-Contreras / ORC ID: 0000-0001-5362-2725, Researcher ID Thomson: X-9272-2018, CVU CONACYT ID: 260468

Recibido 23 de Junio, 2018; Aceptado 21 de Agosto, 2018

#### Resumen

Objetivos y Metodología: Identificar el comportamiento de la actividad cerebral cuantitativa, la habilidad para el cálculo y el promedio escolar en alumnos de Medicina de la FAMEN UJED. La investigación realizada fue no experimental, de tipo exploratorio, transversal y observacional. Con análisis estadístico descriptivo y comparativo. Contribución: Se ha encontrado un porcentaje bajo de alumnos con alteración en la habilidad para el cálculo justifica que se deba cuidar que todo estudiante de medicina deba tener eficiencia satisfactoria en la habilidad del cálculo para asegurar la adecuada ejecución de los procedimientos médicos que implican el uso del cálculo para el ejercicio de la medicina.

**Actividad cerebral, Cálculo, Estudiantes de medicina**

#### Abstract

Objectives and Methodology: Identify the behavior of quantitative brain activity, the ability to calculate and the school level in the Medicine students of the FAMEN UJED. The research was experimental, exploratory, cross-sectional and observational. With descriptive and comparative statistical analysis. Contribution: We have found a low percentage of students with alteration in the ability to calculate justifies that care must be taken that every medical student must have satisfactory efficiency in the ability of calculation to ensure the proper execution of medical procedures involving the use of the calculation for the exercise of medicine.

**Brain activity, Calculation, Medicine students**

**Citación:** RÍOS-VALLES, José Alejandro, VARELA-CERVANTES, Luis Daniel, BARRAGÁN-LEDESMA, Laura Ernestina, SANTIESTEBAN-CONTRERAS, María Tereza. Análisis de la actividad cerebral, el cálculo y el promedio escolar en estudiantes de medicina de la FAMEN UJED. Revista de Educación Técnica. 2018, 2-5: 1-10.

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alexriva@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Formar profesionales y científicos buscando elevar los niveles de calidad, es actualmente un desafío de alta complejidad en el contexto de organizaciones de gran tamaño y modesto presupuesto. (García de Fanelli, 2014). Algunos autores refieren que, pese a que todos los estudiantes que ingresan en la universidad poseen actitudes muy favorables hacia el estudio, muchos no tienen resultados favorables. Lo anterior muestra que las calificaciones escolares son una medida de calidad para su permanencia. El rendimiento académico como fenómeno multifactorial evidencia que se pueden tener adecuadas capacidades intelectuales y aptitudes, pero sin tener un rendimiento académico adecuado. (R. Garzón, L del Riesgo, & A.L., 2010) La evaluación en las instituciones educativas consiste en probar el grado en que un estudiante cumple los criterios establecidos en un programa de estudio y el resultado de la aplicación de estos procedimientos generalmente termina en una calificación aprobatoria o reprobatoria sea el caso. (Reyes Seáñez, 2006)

González Barbera y colaboradores en su trabajo afirman que el uso del término rendimiento hace referencia al resultado global del alumno, que obtiene por medio de una valoración numérica asignada por el docente, la cual se asocia a un proceso de instrucción específica o puntuaciones en evaluaciones externas y es producto de la aplicación de exámenes estandarizados. (González Barbera, Caso Niebla, Díaz López, & López Ortega, 2012).

Las calificaciones escolares son una de las variables más empleadas o consideradas por el sistema educativo para aproximarse al análisis del rendimiento académico de los estudiantes; y según Jiménez (2000) citado en (Edel Navarro, 2003) menciona que el rendimiento académico es un “nivel de conocimientos demostrado en un área o materia comparado con la norma de edad y nivel académico”, y que las calificaciones escolares probablemente son una de las variables más empleadas a razón de que pueda ser un índice predictivo de la dimensión cualitativa y multifactorial del rendimiento académico a partir de dichos datos cuantitativos. (R. Garzón, L del Riesgo, & A.L., 2010)

## Matemáticas

En la actualidad es frecuente encontrarse con estudiantes que a pesar de estar cursando una carrera universitaria le tienen fobia a la matemática, o la consideran ajena a su carrera, sin importancia o sin relación con su programa académico.

Entre sus argumentos están: la matemática es abstracta, no tiene relación con la realidad, la vida diaria y menos que lo van a ejercer en su vida profesional. (Uzuriaga López & Martínez Acosta, 2013)

La mayoría de personas cree que no son buenas para las matemáticas; éstas no son algo que sabemos o no, más bien son un tipo de conocimiento que podemos aprender en cualquier momento de la vida. La instrucción óptima de matemáticas debería ser tal, que el alumno no sienta presión, que se encuentre en un ambiente relajado, y sobre todo, que logre comprender los conceptos detrás de los problemas. (Carolina, 2014)

Antoraz Callejo y Madrid en su trabajo afirman que las Matemáticas son una herramienta importante en Medicina. (Antoraz Callejo & Madrid, s/f). También dicen que en la práctica diaria de la profesión, son absolutamente necesarias las cifras.

La relación entre la medicina y las matemáticas ha variado a través del tiempo, y en la actualidad no se puede concebir la investigación y el ejercicio de la medicina sin un conocimiento de las matemáticas. (Olmedo Canchola & Ariza Andraca, 2012)

Además, la comprensión de la información, numérica en el ámbito de la salud puede influir directamente en el acceso a los servicios sanitarios, en la navegación por el sistema de salud, en la interacción entre los pacientes y los profesionales de la salud y en la atención y cura de uno mismo.

Adquiere incluso mayor importancia al ser la comprensión de ésta información un requisito básico para la toma de decisiones. Simples errores de cálculo en la dosificación de medicamentos pueden tener consecuencias adversas graves. (Vianney Pons, 2012; Olmedo Canchola & Ariza Andraca, 2012)

Canchola y Ariza (2012) también señalan que las habilidades matemáticas incluyen múltiples aspectos: interpretación de los estudios de laboratorio, entendimiento de la información nutrimental, interpretación de los resultados publicados en la bibliografía médica, uso e interpretación de los riesgos y cálculo de probabilidades, etcétera. Por tanto, es imprescindible que el médico esté consciente de la necesidad de reflexionar sobre su propio desempeño en relación con las habilidades matemáticas, y en caso de requerirlo, buscar apoyo para mejorar tal situación. (Olmedo Canchola & Ariza Andraca, 2012). Además los profesionales de la salud tienen a su cargo comunicar dicha información de forma que sea entendible en todos sus aspectos, pero este objetivo sólo puede alcanzarse si previamente se ha comprendido dicha información correctamente. (Vianney Pons, 2012)

Los números impregnan nuestra vida diaria y son una fuente importante de información en el ámbito de la salud. La bibliografía médica a menudo proporciona información cuantitativa, que también la utilizan los pacientes para hacer cuestionamientos, como las modificaciones en los cambios en el estilo de vida (por ejemplo, ¿cuánto disminuirá el riesgo de enfermedad cardíaca si se hace ejercicio y se sigue la dieta?), los riesgos y beneficios al tomar sus medicamentos (por ejemplo, la posibilidad de recuperación) y los riesgos de enfermedad (por ejemplo, ¿cuál es la probabilidad de que yo tenga cáncer?). Se supone que esa información numérica se entiende y, cuando se utiliza “correctamente”, conduce a mejores decisiones médicas y comportamientos de salud. (Olmedo Canchola & Ariza Andraca, 2012)

Son de considerar los inconvenientes asociados a la mala base matemática que poseen los estudiantes como dificultad para comprender los conceptos de la asignatura, modelar situaciones reales o docentes y para interpretar resultados y comunicarlos; falta de juicio crítico al analizar datos y defender soluciones, el razonamiento determinista prevalece sobre el probabilístico, y los errores de cálculo en operaciones combinadas, al manipular números fraccionarios expresados en notación decimal, con diferente signo, y al trabajar con porcentajes y proporciones. (Hernández González, González Fernández, González González, & Rodríguez Díaz, 2012)

En palabras de Rocío Muñoz las habilidades numéricas en general se relacionan positivamente con el nivel educativo de las personas. No obstante, incluso las personas con alto nivel educativo pueden mostrar serias dificultades a la hora de comprender y utilizar conceptos numéricos básicos. (Rocío Muñoz, 2015)

Hasta el momento sólo una parte muy limitada de los estudiantes se apropian de estos conocimientos, aquellos en los que en sus currículos de estudios universitarios están presentes las matemáticas superiores. En la carrera de Medicina se aprecia que persisten las dificultades en este sentido. (Escalona Fernández, González Serra, Tamayo Aguilar, & Velázquez Codina, 2013)

Ahora bien, hoy en día se alude al aprendizaje compatible con el cerebro, es decir, se han aportado paradigmas de la educación que se han conceptualizado, soportado y perfilado al estudio enfocado en el órgano responsable de aprender, “el cerebro” y que han incluido grandes aportes de cómo es que se relaciona toda la actividad cerebral para modificar el aprendizaje, aunque estos estudios se realizan en ambientes no educativos, con equipos de alta tecnología y como lo menciona Mogollon (2010) “aunque no se pretende trasladar estos estudios al salón de clases, las investigaciones y descubrimientos surgidos de la investigación coadyuvan a comprender los procesos del aprendizaje de los estudiantes”.

El aprender matemáticas requiere un esfuerzo mental que probablemente se ha traducido en cambios cerebrales en la especie humana; implica procesos cerebrales como atención, memoria, procesos mentales más complejos como comparación, análisis, razonamiento, cumplir reglas hasta tomar decisiones. Todos estos procesos presentan cambios en la estructura y función cerebral, que inducen la aparición y modificación de circuitos cerebrales. (Vargas Vargas, 2013)

Así pues, la capacidad de cálculo debería considerarse más como un conjunto de habilidades que una habilidad unitaria dentro de un circuito específico en el cerebro. (P.E. Bermejo-Velasco, 2006; Vargas, 2013)

Tal como lo afirma Fernández Bravo (2010) “según la teoría del localizacionismo cerebral, la actividad matemática se presenta, en mayor medida en el lóbulo parietal donde se registra mayor consumo de energía con la actividad matemática, aunque otras regiones cerebrales, como la corteza prefrontal, la parte posterior del lóbulo temporal, la corteza cingulada y distintas regiones subcorticales también contribuyen al correcto funcionamiento de estas capacidades. (John Whalen, 1997; J.M. Serra-Grabulosa, 2010)

Ambos hemisferios se ven implicados en tareas matemáticas, pero en diversos estudios se mencionan que existen diferencias significativas en cuanto a activación en tareas matemáticas específicas tales como el procesamiento aritmético, mantenimiento de resultados, comprobación de resultados, corrección de errores (corteza prefrontal en regiones lateral y ventral) (Okamoto, 2016; Valentín Iglesias-Sarmiento, 2012), la representación interna de cantidades (surco intraparietal de ambos hemisferios) sin diferenciar el formato simbólico o no simbólico de los estímulos, (John Whalen, 1997; Egel E, 2003 ; Luis Radford, 2009; Bravo Valdivieso, 2016), lectura de números, tareas verbales, cálculo exacto y multiplicaciones entrenadas respecto a las no entrenadas (implicación del giro angular especialmente izquierdo) (Price, 1998; Dehaene S., 1999; Benke T, 2003; Kalamian D, 2007)

Y a pesar de la importancia de los procesos cognitivos implicados en el cálculo numérico, no son demasiados los estudios dedicados a este tema en comparación con los que estudian otros procesos cognitivos, por ejemplo, el lenguaje (López, 2009) y poco se reporta en el ámbito educativo de estudiantes universitarios dentro del área de la salud.

### **Electroencefalografía**

La idea de que el cerebro podría estar constantemente ocupado no es nueva. Estudios publicados por Hans Berger en 1929 sentaron un precedente, llegando a concluir que a través de oscilaciones eléctricas detectadas por el electroencefalograma “el sistema nervioso central (SNC) debe hallarse siempre, y no sólo en vigilia en un estado de actividad considerable”. (E. Raichle, 2010)

El electroencefalograma (EEG) es una técnica de exploración funcional del SNC la cual permite la evaluación no invasiva de la actividad neuronal resultante de la comunicación neuronal local y de largo alcance en diferentes escalas espaciales a una resolución temporal de milisegundos.

Cuando una o más poblaciones neuronales grandes operan en sincronía, por ejemplo en respuesta a un evento, se genera un campo eléctrico relativamente fuerte y se puede registrar en el cuero cabelludo. (Tejeiro Martínez, 2007; Milagros Merino, 2007; F. Ramos-Arguelles, 2009; Faranak F, 2016)

Las medidas cuantitativas del EEG (EEGc), como la potencia absoluta, ofrecen la posibilidad de identificar de manera exacta la densidad del espectro de frecuencias y la potencia absoluta (PA) y relativa de determinadas frecuencias de las oscilaciones de un conjunto neural dado en tiempo real y con ello identificar cambios sutiles en los tipos y patrones de actividad eléctrica. (C. & Kara, 2017; Brust-Carmona H, 2013; Galicia-Alvarado, Flores-Ávalos, Sánchez-Quezada, & Brust-Carmona, 2016)

En los últimos años, se ha demostrado que en el estado de vigilia en reposo, el cerebro mantiene un elevado nivel de actividad, esta actividad puede ser estudiada mediante EEG. (E. Raichle, 2010)

Como anteriormente se mencionó desde los primeros registros electrofisiológicos, se ha observado que las neuronas no sólo responden (potenciales postsinápticos) a eventos sensoriales o conductuales, sino también de forma variable y aparentemente impredecible en un estado de reposo.

En este contexto experimental clásico, tal actividad se ha considerado estática (fondo o “ruido”) y sin aparente correlato funcional. (Vergara E., 2013; Galicia-Alvarado Marlene, 2016)

Como lo menciona Brust-Carmona y cols. (2013) la importancia de estudiar la actividad «espontánea» en reposo se debe a, la facilidad de aplicación, bajo costo, y no implica ningún riesgo a la persona.

Segundo, porque revela la integridad de los circuitos subcortico-corticales de los sistemas sensoriales (sistemas ascendentes) y de los cortico-subcorticales, sistemas de respuesta tanto vegetativa como somática con todos los neuromoduladores y neurotransmisores involucrados y, tercero, porque permite el conocimiento de electromorfogramas para establecer «estándares de comparación».

Además en años recientes, se han incrementado los estudios que describen que las funciones complejas del cerebro dependen de la interacción dinámica entre las múltiples redes cerebrales que se reflejan en la cognición y el comportamiento humano. (Faranak F, 2016) Poco se sabe de la contribución de la potencia absoluta del EEGc en el proceso del cálculo y el rendimiento académico en la población universitaria del área médica.

Por tanto el objetivo de este trabajo es analizar la habilidad neurocognitiva para el cálculo y rendimiento académico en función de la frecuencia actividad cerebral del EEGc y su amplitud medida en microvoltios al cuadrado ( $\mu V^2$ ) en una muestra de estudiantes de Medicina.

### Objetivo General

Identificar el comportamiento de la actividad cerebral cuantitativa, la habilidad para el cálculo y el promedio escolar en alumnos de Medicina de la FAMEN UJED.

### Objetivos específicos

- Determinar la proporción de alumnos de acuerdo a los puntajes de la habilidad para el cálculo evaluada mediante la Batería Neuropsicológica Breve en Español.
- Identificarlos promedios de la amplitud y frecuencia de la actividad electroencefalográfica cuantitativa de acuerdo al puntaje del cálculo.
- Conocer los promedios de la amplitud y frecuencia de la actividad electroencefalográfica cuantitativa de acuerdo al promedio escolar.

### Metodología

Se realizó una investigación no experimental, de tipo exploratorio, transversal y observacional. La selección de la muestra fue no probabilística por conveniencia de alumnos de todos los semestres (1° a 10° semestre) de la carrera de Medicina con previa firma de consentimiento informado.

La inclusión al estudio se basó en una historia clínica donde se obtuvieron los datos sociodemográficos y se consideró que no tuvieran antecedentes de alteración neurológica como traumatismo craneoencefálico, epilepsia, crisis convulsivas, enfermedades del SNC y que cursaran la licenciatura de Médico-Cirujano en cualquier semestre. Se excluyeron a aquellos que llevaran cualquier tratamiento farmacológico que afectara en el resultado del estudio de EEG y se eliminaron aquellos que no desearan seguir participando en el estudio, que no dieran su firma de consentimiento, quienes tuvieran información incompleta y quienes mostraran registro con electromorfogramas anormales en el EEG.

### Instrumentos

Para medir el funcionamiento cognoscitivo se empleó la batería neuropsicológica breve en español NEUROPSI, de donde se tomó la variable en estudio Cálculo dentro del subapartado Conceptual.

En dicha prueba se le pide al sujeto que resuelva mentalmente las correspondientes operaciones y problemas aritméticos, no tiene límite ni bonificación de tiempo. Las respuestas fueron calificadas con un valor 0=respuesta incorrecta y 1= respuesta correcta, el puntaje máximo es de 3 puntos.

Los parámetros estandarizados permiten clasificar la ejecución de la persona en un rango normal alto (3), normal (2), alteración moderada (1) y alteración severa (0).

Para el estudio de la actividad cerebral se utilizó un electroencefalógrafo cuantitativo digital NEURON-SPECTRUM, el registro se obtuvo durante la vigilia en reposo y con ojos cerrados durante 5 minutos, hubo privación de sueño a partir de las 4:00 am. Se colocaron 19 electrodos en el cráneo de acuerdo al sistema internacional 10-20.

Durante el estudio, los participantes se encontraban en reposo, con los párpados cerrados y se les indicó mantener una postura relajada sin movimientos corporales ni faciales durante los 5 minutos de registro. Posteriormente un especialista en neurofisiología observó el registro para su evaluación y reporte, donde evaluó las épocas registradas en el EEG y contar con aquellas que estuvieran libres de artefactos.

Del estudio de EEG resultaron 32 variables debida al muestreo del promedio de la amplitud ( $\mu V^2$ ) de la actividad cerebral registrada en cada electrodo (8 electodos en cada hemisferio) y los otras 16 correspondientes de la promediación de los diferentes ritmos cerebrales (Hz) tomando en cuenta las frecuencias delta que se encuentra a  $<4\text{Hz}$  (amplitud variable, mayor a 50  $\mu V$ ), actividad theta que va de 4 a 8Hz (amplitud mayor de 40  $\mu V$ ), alfa se encuentra entre 8 y 13Hz (amplitud comprendida entre 20 y 200  $\mu V$ ) y la actividad beta que va de 13 a 30 Hz, todas obtenidas mediante la transformada rápida de Fourier para calcular la PA. (Milagros Merino, 2007; Teresa, 2011; Farank, 2016; Marlon Igor Martínez B, 2006) Los tres electodos adicionales se utilizaron, uno para la tierra física y 2 más se utilizaron en la porción mastoidea del cráneo (A1 y A2) para tener un montaje referencial.

### Análisis estadístico

Para el procedimiento del análisis estadístico se empleó el programa Excel donde se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión para las variables cuantitativas, así como frecuencias y proporciones para las variables cualitativas.

### Resultados

La muestra de estudio estuvo conformada por 288 estudiantes de medicina de los diferentes semestres (1ro a 10mo semestre) de los cuales 6 fueron eliminados con base en los criterios de exclusión por no tener la información completa para el estudio. La muestra final se conformó por 282 participantes de los cuales el 44.7% son del género masculino (126 hombres) y 55.3% corresponden al femenino (156 mujeres), en ambos grupos sin antecedentes de alteraciones neurológicas.

La edad mínima en la muestra estudiada fue de 18 años y la edad máxima fue de 43 años, con un promedio de 21 años, mediana de 21 y moda de 22 con desviación estándar de  $\pm 2.35$  años.

En cuanto a los resultados del cálculo el 91.8% ( $n=259$ ) de los participantes tuvieron una ejecución adecuada de la prueba sin tener alguna alteración; de ellos el 25.8 % ( $n=73$ ) están en rango normal y en rango normal alto el 66% ( $n=186$ ). El restante 8% se encontró en los puntajes que se refieren como alteración moderada ( $n=22$ ) y sólo el 0.2 % ( $n=1$ ) con alteración severa.

En cuanto al rendimiento académico de los estudiantes se obtuvo la media general de las calificaciones obtenidas que fue de 8.47, mediana y moda de 8.5 con una desviación estándar de 0.41, posteriormente se tomó el valor de la media de la calificación general  $\pm 1$  desviación estándar para considerar a aquellos alumnos con un promedio regular ( $n=185$ , 66%) y quienes tuvieron calificación por encima de la media más una desviación estándar se identificaron en el grupo con promedio alto ( $n=52$ , 18%), finalmente quienes tuvieron calificación por debajo de la media menos una DS se identificaron en el grupo con bajo promedio ( $n=45$ , 16%).

### Actividad Cerebral y Cálculo

El promedio de la frecuencia (Hz) de la actividad electroencefalográfica de cada uno de los puntos de registro, en cada grupo de alumnos según el puntaje del cálculo obtenido en el Neuropsi Breve en Español se muestra en la **tabla 1**.

Se observa que el promedio de la frecuencia en áreas frontales de cada grupo se encuentra en ritmo theta, únicamente el grupo con puntaje 1 se diferencia el electrodo Fp1 ya que mostró un promedio con actividad del ritmo Delta, así mismo, el resto de los electodos se encuentran en el rango de actividad alfa.

| Electrodo | Puntaje 0<br>(n=1) | Puntaje 1<br>(n=22) | Puntaje 2 (n=186) | Puntaje 3<br>(n=73) |
|-----------|--------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Fp1       | 0.5                | 3.34                | 4.55              | 4.31                |
| Fp2       | 0.5                | 4.27                | 4.96              | 4.41                |
| F3        | 2.47               | 7.17                | 7.95              | 7.55                |
| F4        | 2.47               | 7.55                | 7.95              | 7.67                |
| C3        | 0.5                | 7.6                 | 8.66              | 8.1                 |
| C4        | 2.47               | 8.02                | 8.67              | 8.19                |
| P3        | 0.5                | 8.63                | 9.03              | 8.45                |
| P4        | 2.47               | 9.02                | 9.33              | 8.75                |
| O1        | 0.5                | 9.49                | 10.03             | 9.43                |
| O2        | 2.53               | 9.77                | 10.16             | 9.69                |
| F7        | 0.5                | 6.71                | 7.4               | 6.79                |
| F8        | 0.5                | 6.78                | 7.68              | 6.93                |
| T3        | 1.49               | 8.63                | 9.69              | 9.14                |
| T4        | 0.5                | 9.7                 | 9.82              | 9.22                |
| T5        | 0.5                | 9.19                | 9.69              | 8.96                |
| T6        | 2.47               | 9.29                | 9.76              | 9.18                |

**Tabla 1** Promedio de la Frecuencia (Hz) de la Actividad Cerebral en cada área de Registro del EEGc y puntajes del Cálculo

En la **tabla 2** se presenta el promedio de la amplitud ( $\mu V^2$ ) de cada uno de los electrodos de registro, en función del puntaje del cálculo obtenido en el Neuropsi Breve en Español.

| Electrodo | Puntaje 0<br>(n=1) | Puntaje 1<br>(n= 22) | Puntaje 2<br>(n= 73) | Puntaje 3<br>(n=186) |
|-----------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Fp1       | 133.51             | 180.62               | 232.12               | 192.6                |
| Fp2       | 160.81             | 249.12               | 214.57               | 192.99               |
| F3        | 142.49             | 133.7                | 147.1                | 148.87               |
| F4        | 171.14             | 145.91               | 154.02               | 155.95               |
| C3        | 129.89             | 120.06               | 138.34               | 137.79               |
| C4        | 154.89             | 125.78               | 138.6                | 139.84               |
| P3        | 120.78             | 127.7                | 157.57               | 146.72               |
| P4        | 117.53             | 130.1                | 156.94               | 150.54               |
| O1        | 125.71             | 182.86               | 200.56               | 178.3                |
| O2        | 190.06             | 173.24               | 208.72               | 176.84               |
| F7        | 112.39             | 91.8                 | 102.68               | 105.98               |
| F8        | 116.79             | 93.97                | 104.46               | 103.35               |
| T3        | 141.43             | 53.63                | 68.55                | 68.21                |
| T4        | 77.79              | 56.23                | 67.89                | 68.97                |
| T5        | 55.23              | 80.6                 | 100.62               | 92.1                 |
| T6        | 77.78              | 89.25                | 104.9                | 98.97                |

**Tabla 2** Promedio de la Amplitud ( $\mu V^2$ ) de la Actividad Cerebral en cada área de Registro del EEGc en función de los puntajes del Cálculo

Acorde a los valores normativos electroencefalográficos del voltaje (Milagros Merino, 2007; Teresa, 2011; Farank, 2016; Marlon Igor Martínez B, 2006) la mayoría de los registros obtenidos en cada electrodo de cada uno de los grupos, se encuentran dentro de parámetros normales, salvo el electrodo Fp2 del grupo con puntaje 1 y en los electrodos Fp1, Fp2 y O2 del grupo con puntaje 2 que tienen amplitudes discretamente mayores a los 200 $\mu V$ .

## Actividad Cerebral y Promedio Escolar

En la **tabla 3** se presenta la media de la frecuencia de cada electrodo de registro de cada grupo de alumnos con base al promedio escolar.

Observándose que en los electrodos frontales se presentan ritmos lentos, predominantemente del rango Theta en los 3 grupos y los demás puntos de registro muestran actividad del rango alfa.

| Electrodo | Alumnos Promedio Bajo<br>(n= 45) | Alumnos Promedio Regular (n= 185) | Alumnos Promedio Alto<br>(n=52) |
|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Fp1       | 5.01                             | 4.25                              | 3.92                            |
| Fp2       | 5.13                             | 4.51                              | 4.21                            |
| F3        | 7.89                             | 7.56                              | 7.62                            |
| F4        | 7.71                             | 7.72                              | 7.82                            |
| C3        | 8.5                              | 8.16                              | 8.1                             |
| C4        | 8.44                             | 8.23                              | 8.42                            |
| P3        | 8.89                             | 8.48                              | 8.84                            |
| P4        | 8.89                             | 8.85                              | 9.18                            |
| O1        | 9.92                             | 9.45                              | 9.8                             |
| O2        | 9.81                             | 9.77                              | 9.98                            |
| F7        | 8.07                             | 6.79                              | 6.52                            |
| F8        | 7.69                             | 6.96                              | 7.16                            |
| T3        | 10.06                            | 8.99                              | 9.7                             |
| T4        | 9.96                             | 9.23                              | 9.69                            |
| T5        | 9.54                             | 9.09                              | 9.14                            |
| T6        | 9.33                             | 9.21                              | 9.79                            |

**Tabla 3** Promedio de la Frecuencia (Hz) de la Actividad Cerebral en función del rendimiento académico

En la **tabla 4** se presentan los promedios de la amplitud de la actividad cerebral de cada área de registro en cada grupo de alumnos en función del promedio escolar observando que los electrodos Fp1, Fp2, O1 y O2 del grupo con promedio bajo y los electrodos Fp1 y Fp2 del grupo de promedio regular muestran voltajes discretamente por encima de los 200 $\mu V$  y el resto de los puntos de registro de los tres grupos presentan amplitudes menores.

|     | Alumnos Promedio Bajo (n= 45) | Alumnos Promedio Regular (n= 185) | Alumnos Promedio Alto (n=52) |
|-----|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Fp1 | 205.84                        | 207.08                            | 178.9                        |
| Fp2 | 225.07                        | 200.61                            | 191.54                       |
| F3  | 161.73                        | 147.63                            | 133.13                       |
| F4  | 164.61                        | 157.17                            | 137.44                       |
| C3  | 149.32                        | 136.16                            | 126.74                       |
| C4  | 143.84                        | 141.79                            | 122.05                       |
| P3  | 161.52                        | 149.4                             | 131.05                       |
| P4  | 154.22                        | 155.1                             | 130.85                       |
| O1  | 206.23                        | 186.14                            | 158.42                       |
| O2  | 205.71                        | 186.43                            | 161.23                       |
| F7  | 114.77                        | 103.53                            | 96.56                        |
| F8  | 109.44                        | 104.42                            | 92.13                        |
| T3  | 76.76                         | 67.16                             | 60.28                        |
| T4  | 72.88                         | 69.66                             | 56.39                        |
| T5  | 110.42                        | 93.31                             | 78.3                         |
| T6  | 110.09                        | 100.48                            | 87.79                        |

**Tabla 4** Promedio de la Amplitud ( $\mu V^2$ ) de la Actividad Cerebral en función del promedio escolar

### Agradecimiento

Al Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) y a la Facultad de Medicina y Nutrición (FAMEN) de la UJED por haber el apoyo invaluable para la realización del proyecto.

### Conclusiones

Dada la importancia de las habilidades matemáticas para quienes van a ejercer en el cuidado de la salud de la comunidad, es necesario que se considere el hallazgo de que el 8.2% de la muestra estudiada presenta puntajes con alteración, lo cual se constituye como un foco de atención necesario para mejorar los procesos cognitivos en el cálculo en los estudiantes de medicina, aunque el porcentaje de 8.2% es bajo comparado con el total de la muestra estudiada, ya que estas habilidades conforme a la teoría son importantes debido a que no es ajena a sus estudios, se verá implicada en su vida profesional (Antoraz Callejo & Madrid, s/f), porque incluyen múltiples aspectos para la interpretación de resultados o en un mayor grado de importancia, para la toma de decisiones, dosificación de algún medicamento sin que llegue a tener repercusiones graves.

Es necesario hacer notar la imprescindible tarea de que el estudiante de medicina sea consciente de la necesidad de reflexionar sobre su propio desempeño en relación con las habilidades matemáticas, y apoyando la idea de los autores (Olmedo Canchola & Ariza Andraca, 2012) buscar apoyo para mejorar su desempeño.

Por su parte el comportamiento de la frecuencia de la actividad cerebral con base en el promedio escolar así como en la habilidad para el cálculo muestran promedios de actividad lenta de las áreas frontales en cada uno de los grupos, en este sentido algunos reportes refieren que la actividad theta tiene, normalmente, una representación mayor en las regiones temporales y en regiones anteriores (frontales) está escasamente representada en una frecuencia de 6 a 7 Hz (Tejeiro Martínez J. , 2008), no obstante en este estudio, se manifiesta una actividad entre 4 y 5 Hz en cada uno de los grupos, incluso llegando a tener valores dentro del rango de actividad delta en el área prefrontal izquierda (Fp1) en el caso de los alumnos con promedio alto y en cuanto al cálculo aquellos que tuvieron puntaje 1 y 0. Por su parte la actividad alfa según Tejeiro Martínez, la frecuencia media en un adulto sano se encuentra entre  $10.2 \pm 0.9$  Hz, principalmente en regiones occipitales y con frecuencia existe reflexión hacia regiones parietales y ocasionalmente se extienden a regiones centrales y temporales.

En este sentido, los resultados en este estudio de la actividad alfa encontrada en regiones centrales, parietales y temporales se pueden considerar para puntualizar las cuantificaciones de esta actividad en las distintas áreas en las que se ha encontrado, dada la evidencia en esta población sin alteraciones y que sean aporte para la lectura e interpretación del EEGc, así mismo, que pueda ser evidencia para definir anomalías electrofisiológicas.

## Referencias

- Antoraz Callejo, J. C., & Madrid, C. (s/f). *Matemáticas, caos y medicina: un ménage á trois muy productivo*. Recuperado el 17 de Febrero de 2018, de <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/Revistan%BA34/Jose%20Carlos%20Antoraz%20y%20Carlos%20Madrid.pdf>
- Benke T, D. M. (2003). Basal ganglia lesions and the theory of fronto-subcortical loops. Neuropsychological findings in two patients with left caudate lesions. *Neurocase*, 70-85.
- Bravo Valdivieso, L. (2016). El aprendizaje de las matemáticas: Psicología cognitiva y neurociencias. *Revista de Investigacion (Arequipa)*, 7, 11-29.
- Brust-Carmona H, G. M. (Ene-Abr de 2013). Las neurociencias en el diagnóstico y en la evaluación de la rehabilitación integral de secuelas de lesiones cerebrales en el INR. *Medigraphic*, 2(1).
- C., M., & Kara, G. (2017). The state of everyday quantitative EEG use in Canada: A national technologist survey. *Elsevier*, 5-7.
- Carolina, B. (2014). La neurociencia detrás de la matemática. 30-32.
- Dehaene S, S. E. (1999). Sources of mathematical thinking: behavioural and brain-imaging evidence. *Science*, 970-974.
- E. Raichle, M. (2010). *Psicoterapia Bilbao*. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de [https://psicoterapiabilbao.es/wp-content/uploads/2015/.../Red\\_Neuronal\\_Defecto.pdf](https://psicoterapiabilbao.es/wp-content/uploads/2015/.../Red_Neuronal_Defecto.pdf)
- Edel Navarro, R. (2003). El rendimiento Académico: Concepto, Investigación y Desarrollo. *REICE (Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación)*, 1-15.
- Egel E, S. P. (2003). A supramodal number representation in human intraparietal cortex. *Neuron*, 719-725.
- Escalona Fernández, L. A., González Serra, Y. Y., Tamayo Aguilar, G. M., & Velázquez Codina, J. R. (2013). Resolución de problemas matemáticos aplicados a la medicina y su impacto en la formación del médico general. *EDUCACIÓN MÉDICA*, 178-185.
- F. Ramos-Arguelles, G. M. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. *An. Sist. Sanit. Navar.*, 69-82.
- Faranak F, V. M.-L. (2016). Characterizing and Modulating Brain Circuitry through Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Electroencephalography. *Front. Neural Circuits*, 1-24.
- Fernandez Bravo, J. A. (25 de Enero de 2010). Neurociencias y Enseñanza de la Matemática. *Revista Iberoamericana de Educacion*, 51(3), 1-12.
- Galicia-Alvarado, M., Flores-Ávalos, B., Sánchez-Quezada, A. Y., & Brust-Carmona, H. (09 de 2016). Correlación del funcionamiento ejecutivo y la potencia absoluta del EEG en niños. *Salud Mental*, 39(5).
- García de Fanelli, A. M. (2014). Rendimiento académico y abandono universitario: Modelos, resultados y alcances de la producción académica en la Argentina. *RAES*, 9-38.
- González Barbera, C., Caso Niebla, J., Díaz López, K., & López Ortega, M. (2012). Rendimiento académico y factores asociados. Aportaciones de algunas evaluaciones a gran escala. *Bordón*, 51-68.
- Hernández González, B. L., González Fernández, C., González González, V., & Rodríguez Díaz, A. M. (2012). Acercamiento al proceso de enseñanza aprendizaje de estadística en el currículo de Medicina. *Revista Cubana de Informática Médica*, 184-189.
- John Whalen, M. M. (1997). Localizing Arithmetic Processes in the Brain: Evidence from a Transient Deficit During Cortical Stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 409-417.

- Kalaman D, L. J. (2007). Working memory demands of exact and approximate addition. *Eur J Cogn Psychol*, 187-212.
- López, J. D. (2009). ¿Qué código subyace a las Multiplicaciones? Evidencias de una tarea de magnitud con priming enmascarado. *Escritos de Psicología*, 27-34.
- Luis Radford, M. A. (2009). Cerebro, cognición y matemáticas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, ;12(2): 215-250.
- Marlon Igor Martínez B, G. T. (2006). Conceptos básicos de electroencefalografía. *DUAZARY*, 3(1), 18-23.
- Milagros Merino, A. M. (2007). Electroencefalografía convencional en pediatría: técnica e interpretación. *An Pediatr. Contin.*, 105-108.
- Mogollon, E. (Julio-Diciembre de 2010). Aportes de las neurociencias para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Revista Electronica Educare*, 14(2), 113-124.
- Okamoto, K. M. (2016). The Role of the Updating Function in Solving Arithmetic Word Problems . *Journal of Educational Psychology*, 1-12.
- Olmedo Canchola, V. H., & Ariza Andraca, R. (2012). Matemáticas en medicina: una necesidad de capacitación. *Medicina Interna de México* , 278-281.
- P.E. Bermejo-Velasco, L. C.-M. (2006). Acalculia: clasificación, etiología y tratamiento clínico. *Revista de Neurología*, 223-227.
- Price. (1998). The functional anatomy of word comprehension and production. *Trend Cogn Sci*, 281-288.
- R. Garzón, M., L del Riesgo, M. P., & A.L., S. (2010). Factores que pueden influir en el rendimiento académico de estudiantes de Bioquímica que ingresan en el programa de Medicina de la Universidad del Rosario-Colombia. *Educación Médica*, 85-96.
- Reyes Seáñez, M. A. (2006). *Una reflexión sobre la reprobación escolar en la educación superior como fenómeno social*. Recuperado el 21 de Mayo de 2018, de Revista Iberoamericana de Educación: file:///C:/Users/Daniel/Downloads/1510Reyes-Maq.pdf
- Rocio Muñoz, Y. O.-R. (2015). Habilidades numéricas y salud: una revisión crítica. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 111-123.
- Serra-Grabulosa, J. A.-P. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo . *Revista de Neurología*, 39-46.
- Tejeiro Martínez, J. (2007). Indicaciones de la Electroencefalografía. *Medicine*, 9(75).
- Tejeiro Martínez, J. (2008). Electroencefalografía clínica básica. En J. Tejeiro Martínez. Barcelona: Viguera Editores.
- Uzuriaga López, V. L., & Martínez Acosta, A. (Noviembre de 2013). Algunas reflexiones sobre actividades en el aula de clase que han mejorado tanto la enseñanza como el aprendizaje de la matemática. Santo Domingo, República Dominicana.
- Valentín Iglesias-Sarmiento, S. A.-D. (2012). PROCESAMIENTO COGNITIVO Y LOGRO ARITMÉTICO. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* , 229-238.
- Vargas Vargas, R. A. (2013). Matemáticas y neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 37-46.
- Vergara E., F. I. (2013). Red neural por defecto y enfermedad de Alzheimer. *Rev Med Chile*, 375-380.
- Vianney Pons, J. M. (2012). El déficit de comprensión numérica. Las matemáticas como problema. *Elsevier*, 15-17.