

INFLUENCIA DE EMOCIONES NEGATIVAS EN EL DESEMPEÑO MATEMÁTICO MEDIANTE TECNOLOGÍAS DE RECONOCIMIENTO FACIAL

INFLUENCE OF NEGATIVE EMOTIONS ON MATH PERFORMANCE THROUGH FACIAL RECOGNITION TECHNOLOGIES

N. Rigaud Téllez¹
R. Blanco Bautista²

RESUMEN

Las emociones negativas, como la frustración o enojo, pueden impactar significativamente el desempeño académico y el logro de objetivos de aprendizaje. Al respecto, la literatura reconoce que aún existe una brecha en la comprensión de cómo las emociones negativas influyen en el rendimiento matemático, especialmente, cuando se trabaja en temas de alta dificultad, como la comprensión de conceptos y la resolución de problemas de Geometría Analítica, particularmente, parábola y elipse. El objetivo es determinar si las emociones negativas tienen un efecto similar o diferente en el rendimiento de estudiantes en clases de matemáticas en línea, particularmente, cuando se implementan estrategias educativas destinadas a mejorar la comprensión y resolución de problemas. Se usaron estrategias de micro aprendizaje y tecnologías de reconocimiento facial para analizar emociones experimentadas por estudiantes, las cuales fueron contrastadas con el Modelo Circumplejo de Emociones. Los hallazgos revelan una influencia significativa de emociones negativas en el desempeño, como una base para centrar intervenciones educativas personalizadas por niveles de desempeño.

ABSTRACT

Negative emotions, such as frustration or anger, can significantly impact academic performance and the achievement of learning goals. In this regard, literature recognizes that there is still a gap in the understanding of how negative emotions influence mathematical performance, especially when working on highly difficult topics, such as concepts comprehension and problem solving related to Analytical Geometry, especially, parabola and ellipse. The aim is to determine whether negative emotions have a similar or different effect on students' performance in online math classes, particularly when implementing educational strategies centered at improving comprehension and problem solving. Through an instructional design based on micro-learning, the use of facial recognition technologies, emotions experienced by students during online classes were analyzed and contrasted with the Circumplex Model of Emotions. Findings revealed a significant influence of negative emotions on performance, providing a basis for focusing on personalized educational interventions by performance levels.

ANTECEDENTES

El reconocimiento facial para el análisis de emociones emerge como una herramienta innovadora que favorece la identificación de necesidades individuales de estudiantes, la adaptación de estrategias educativas y, en consecuencia, la eficacia del aprendizaje personalizado.

Lo anterior, reconoce el impacto que tienen las emociones en diversos procesos cognitivos, tales como, la motivación, la activación de la atención y la memoria (Tyng et al., 2017), ideas

¹ Profesora de la Facultad de Estudios Superiores Aragón. UNAM nerigaud@unam.mx

² Profesor de la Facultad de Estudios Superiores Aragón. UNAM robertoblancobautista42@gmail.com

y planteamientos respaldados, a su vez, por Goleman (2018) en su libro de *Inteligencia emocional*: “las emociones influyen en el éxito del aprendizaje”.

En este contexto, un problema se encuentra en investigar la influencia de emociones en el desempeño de disciplinas matemáticas de las carreras de ingeniería, por ejemplo, Geometría Analítica, con un enfoque en cómo emociones negativas afectan el rendimiento cuando se realizan actividades cognitivas que involucran la comprensión y resolución de problemas.

La persistencia de desafíos como el indicado ha suscitado interés en identificar patrones y en generar diversas propuestas de soluciones inteligentes. Sin embargo, poco se ha explorado sobre la influencia de emociones negativas, como el disgusto o la frustración en el desempeño matemático de estudiantes, especialmente, en entornos de aprendizaje en línea, lo cual dificulta contar con evidencias sobre si las emociones negativas afectan de manera diferente a estudiantes con distinto nivel de desempeño (Medina et al., 2021).

En este sentido, se considera fundamental investigar cómo las emociones negativas influyen en el desempeño académico, y si este efecto varía según las características de las actividades realizadas en clase. El objetivo es determinar si las emociones negativas tienen un efecto similar o diferente en el rendimiento de estudiantes en clases de matemáticas, particularmente, cuando se implementan estrategias educativas destinadas a mejorar la comprensión y resolución de problemas.

El estudio se llevó a cabo en tres facultades con carreras de tecnología e ingeniería durante el 2023, en donde los participantes tomaron clases en línea de Geometría Analítica. Se eligió esta asignatura debido a que, en el examen de diagnóstico realizado a estudiantes en la transición del bachillerato a la licenciatura, se identificaron como temas muy difíciles, la comprensión de problemas en cónicas, desfase de funciones trigonométricas y condiciones de paralelismo y perpendicularidad, por mencionar algunos de ellos.

Se exploró el impacto de las diferencias en los efectos de emociones sobre el desempeño matemático, mediante el análisis de la pregunta de investigación ¿Las emociones negativas influyen en el desempeño de clases de matemáticas y esta influencia cambia al realizar actividades de comprensión y resolución de problemas, por ejemplo, en temas de Geometría Analítica?

El experimento tiene el siguiente alcance. Se evaluó el impacto de emociones durante las sesiones de clases y la clasificación de emociones se estructuraron en términos de su valencia (positiva o negativa) y el nivel de activación. Se emplearon técnicas de visión por computadora para el reconocimiento facial, detección de rostro, de postura de cabeza, incluyendo reconocimiento de edad y género, las cuales se asociaron a emociones humanas básicas, esto es, neutro, feliz, triste, enojo, sorpresa, miedo y disgusto, mediante el uso de codificadores automáticos profundos.

Se usó un modelo de emociones que permitió analizar 218939 fotogramas de rostros de estudiantes mexicanos obtenidos de sesiones de Geometría Analítica, con particular interés en expresiones faciales que manifiestan emociones negativas. Simultáneamente, se llevaron a cabo pruebas para medir el aprovechamiento en esas clases, lo que facilitó la creación de

estrategias personalizadas según el nivel de desempeño. Estas estrategias toman en cuenta barreras emocionales que pueden obstaculizar el aprendizaje de las matemáticas y fomentar un entorno educativo más inclusivo y equitativo. El valor de la propuesta reside en su capacidad de personalizar el aprendizaje en clases al considerar las emociones humanas. Se parte de la reconocida influencia de las emociones en el proceso de aprendizaje, proporcionando evidencias sobre aspectos emocionales que pueden enriquecer la experiencia educativa en entornos virtuales.

METODOLOGÍA

Marco teórico y revisión de la literatura: En la actualidad, el avance de tecnologías disruptivas está transformando radicalmente la educación, abriendo nuevas oportunidades para personalizar el aprendizaje y mejorar resultados académicos (Seldon & Abido, 2018). Los estados emocionales, específicamente, los negativos, pueden influir en el desempeño en cualquier actividad y, por tanto, deben abordarse.

Las clases de matemáticas y los exámenes se caracterizan por una mayor frecuencia de emociones como preocupación, ansiedad, frustración, enojo o indiferencia, por mencionar algunas de ellas, que tienen influencia en la atención, memoria y proceso de toma de decisiones. Para su estudio desde una perspectiva automática, Picard (1995) definió el cómputo afectivo como la capacidad de las computadoras para comprender y responder a las emociones humanas, y se sostiene que las computadoras pueden ser programadas con un componente inteligente que detecte emociones, lo cual no solo ayuda a favorecer un acompañamiento a individuos, también, apoya en tomar mejores decisiones.

Una de las teorías más influyentes en el campo del cómputo afectivo es el Modelo Circumplejo de Emociones o de valencia (positiva y negativa) y nivel de activación (*arousal*), el cual clasifica emociones por cuadrantes, ver Figura 1 (Russell, 1980).

Figura 1. Modelo Circumplejo de emociones



Nota Fuente: Adaptado de Russell (1980)

En la Figura 1, la valencia define qué tan placentera es la emoción y la activación se valora por su nivel de excitación, esto es, qué tan comprometido o alerta se percibe al individuo.

El reconocimiento de expresiones faciales se ha destacado como una de las técnicas más efectivas para detectar emociones en entornos educativos. Investigaciones previas como las realizadas por Dupré et al. (2020) y Handrich et al. (2020) han demostrado la utilidad de esta visión, además, no requiere la acción de mecanismos intrusivos como electrocardiogramas, actividad electro-dérmica, o seguimiento del diámetro de pupila (Widmann et al., 2018).

Schmitz et al. (2020) encontraron una relación positiva de valencia y desempeño para algunas asignaturas, mientras que, Vine et al. (2014) condujeron un estudio para identificar las reacciones en situaciones de estrés, frustración y ansiedad, encontrando una relación negativa entre la valencia de emociones positivas y desempeño.

Procedimiento: La estrategia de investigación se presenta en la Figura 2, donde se incluye un diseño de micro aprendizaje para tres sesiones de Geometría Analítica.

Figura 2. Procedimiento



El micro- aprendizaje proporciona al estudiante píldoras de aprendizaje, en formas diversas, como video, infografías, podcast, imágenes, etc., que para este experimento se enriquecen por un docente especialista en la asignatura, quien es asistido por un equipo de trabajo.

La primera sesión se centra en la resolución de problemas para el tema de parábola. La segunda sesión para elipse se diseña cognitivamente para la comprensión, y la tercera, es de repaso. Este diseño instruccional tiene como objetivo desencadenar emociones durante el proceso de aprendizaje, tomando en cuenta que la comprensión de un concepto y la resolución de problemas pueden provocar distintas reacciones de emociones.

Las sesiones se impartieron en el primer trimestre de 2023 a través de la plataforma ZOOM y fueron grabadas con previa autorización por escrito de 61 estudiantes participantes de tres facultades de tecnología e ingeniería. Estas grabaciones se utilizaron posteriormente para el conteo y análisis de emociones experimentadas por los estudiantes.

Se probó la hipótesis de que los efectos de emociones negativas interactúan de manera diferente según el enfoque de las sesiones uno y dos. En otras palabras, la hipótesis nula indica, *Ho: Las emociones negativas no influyen de la misma manera en la interacción de los participantes durante una clase en línea.*

Cada clase se inicia con una prueba de diagnóstico, posteriormente se implementa la estrategia de micro aprendizaje y se cierra la sesión con otra prueba matemática. Para el procesamiento de los videos, se generaron tres algoritmos, esto es, (1) para el reconocimiento de emociones, (2) para el etiquetado de estas, y (3) el conteo de la frecuencia de los rubros triste, miedo, disgusto, sorpresa, neutral, feliz y enojo.

Los resultados de las pruebas permitieron clasificar a los participantes según su desempeño, identificando también los perfiles con mayor incidencia de emociones negativas. Estos perfiles se contrastaron con las mediciones finales, utilizando el modelo de valencia y nivel de activación.

RESULTADOS

Se emplearon técnicas computacionales de reconocimiento facial y análisis de expresiones para capturar e interpretar emociones humanas con precisión. La Figura 3 muestra un ejemplo de fotogramas de un alumno, tomando en cuenta que se generaron 218939 imágenes, las cuales fueron procesadas y normalizadas en archivos .csv.

Figura 3. *Procesamiento de imágenes*

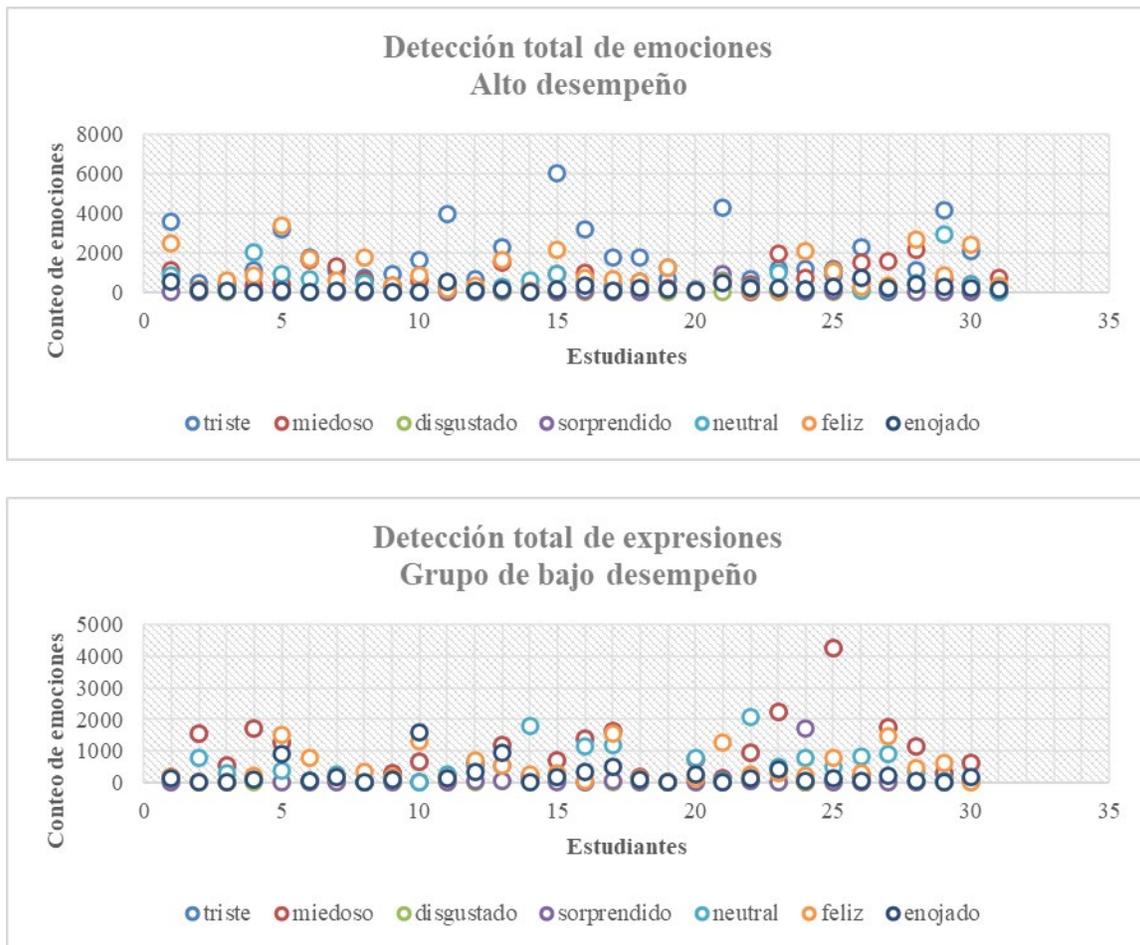


La normalización se realizó utilizando un factor de escala para garantizar coherencia y comparabilidad entre las emociones detectadas (Montgomery, 2017).

La clasificación de muestras se basó en el cálculo global de la mediana (6.3), lo que resultó en una muestra de 31 participantes de alto desempeño (20 hombres y 11 mujeres), y 30 de bajo desempeño (21 hombres y 9 mujeres). Con ello, se puede decir que, la población corresponde aproximadamente al 50% alumnos, siendo la distribución por género balanceada para ambos grupos.

En la Figura 4, se presenta la detección total de rostros y las respuestas de emociones básicas durante las sesiones de Geometría Analítica, y agrupadas por desempeño. Las expresiones faciales han permitido identificar emociones humanas. Al analizar cambios en los ojos, boca y la estructura facial en general, se logra una detección y reconocimiento de emociones, lo cual es crucial para desarrollar sistemas efectivos de reconocimiento de emociones en entornos de educación en línea.

Figura 4. Emociones por nivel de desempeño

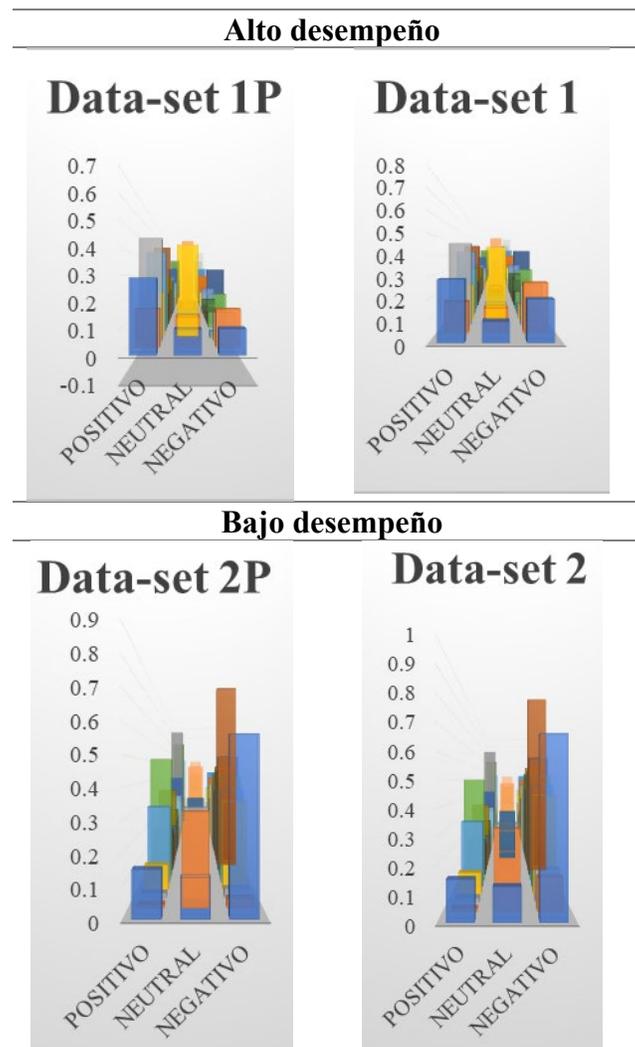


En la Figura 4, también se observa que la cantidad de fotogramas expresa algún sentimiento por cada alumno. Por columna se interpreta la suma total de fotogramas. Por ejemplo, el alumno 1 de alto desempeño tuvo un total de 8752 fotogramas, de los cuales 3614 corresponden a triste, 1136 miedoso, 67 disgustado, 54 sorprendido, 853 neutral, 2485 feliz y 543 enojado. En los dos gráficos se sigue la misma estructura.

Con lo anterior, en la Figura 5, al analizar las emociones negativas bajo las estrategias didácticas de micro aprendizaje, se observa que las sesiones de parábola y elipse centradas a solución de problemas y comprensión de conceptos mantienen una mayor proporción de emociones positivas que de negativas que influyen en el desempeño ($P\text{ value}=0.004404$, $F_{crit}=3.097698 < F=5.7658$).

Véase Data-set 1P (parábola) y Data-set 1 (elipse), para el grupo de alto desempeño. Se observa en la primera parte de la Figura 5, para alumnos de alto desempeño que, las emociones negativas para el tema de parábola son menores que para el tema de comprensión de conceptos de elipse. Esto es, la proporción de emociones positivas es notablemente mayor que de emociones negativas en el grupo de alto desempeño, para la sesión de parábola (41.92%).

Figura 5. Influencia de emociones negativas por nivel de desempeño



Un comportamiento similar ocurre con el grupo de bajo desempeño (data-set 2), con $P\text{-value}=0.00092335$, $F\text{ crit}=3.101295757 < 3.101295757=7.383037957$, el comportamiento y desempeño permanecen bajo. En este grupo las emociones negativas prevalecen en un 70%.

CONCLUSIONES

En el experimento se mostró que las emociones negativas influyen significativamente en el desempeño de estudiantes en clases de matemáticas, y gracias al uso de herramientas de reconocimiento facial se ha podido analizar y comprender las emociones de estudiantes durante sesiones de aprendizaje en línea, lo que brinda la oportunidad de personalizar estrategias educativas.

El desempeño en comprensión de conceptos fue menor que en situaciones de resolución de problemas, para ambos grupos, lo que implica la necesidad de proporcionar una perspectiva experimental y proceso de enseñanza basados en la investigación, para los participantes.

En los alumnos de bajo desempeño se observó una falta de conocimiento matemático, y la prevalencia de emoción triste, correspondiente al tercer cuadrante del modelo de valencia-nivel de activación. Conviene explorar estrategias que refuercen el conocimiento matemático con la relación de problemas de la vida real, esto implica considerar estrategias que contextualicen a la Geometría Analítica con temas de tecnología e ingeniería.

Por otro lado, en los estudiantes de alto desempeño la emoción triste también presenta un momento de mayor frecuencia, lo que sugiere que el uso de métodos de enseñanza común en la educación superior, posiblemente, actúa como una barrera para su avance.

En este sentido, conviene capacitar a docentes para que desarrollen materiales alternativos y atractivos que, por una parte, llenen el vacío de conocimientos y habilidades necesarios, y por otra, empleen procesos de enseñanza innovadores que concienticen a sus estudiantes de sus dificultades, también, la importancia de alentarlos a desarrollar estrategias de autonomía de aprendizaje, para estar suficientemente preparados al afrontar nuevas situaciones.

En esta investigación se resalta el potencial de incorporar tecnologías de reconocimiento facial en entornos de aprendizaje en línea, para favorecer la participación y el desempeño del estudiantado. El artículo ha sido posible gracias al apoyo recibido de la Universidad Nacional Autónoma de México y Proyectos de Investigación en Inteligencia Artificial en el Espacio de Innovación UNAM – HUAWEI, Proyecto No. 4.

BIBLIOGRAFÍA

Dupré, D., Krumhuber, E., Küster, D., & McKeown, G. (2020). A performance comparison of eight commercially available automatic classifiers for facial affect recognition. *PLoS ONE*, vol. 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231968>

Goleman, D. (2018). *Inteligencia emocional*. Kairós

Handrich, S., Dinges, L., Al-Hamadi, A., Werner, P., & Al-Aghbari, Z. (2020, April 6-9). *Simultaneous prediction of valence/arousal and emotions on AffectNet, Aff-Wild and AFEW-VA*. The 3rd International Conference on Emerging Data and Industry 4.0 (ED140). Warsaw, Poland. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.134>

Medina, P., Cabrera, A. y Nava F. (2021). Una bitácora FI: Una herramienta educativa digital útil para los estudiantes de ingeniera. *Revista ANFEI Digital*, vol. 13. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/720>

Montgomery, D. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Son, Inc.

Picard, R. (1995) *Affective Computing*. Perceptual computing section, Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology

Russell, J. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 36(6), pp. 1161-1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>

- Schmitz, A., Becker, R. y Wirzberger, M. (2024). Emotion-performance relationship in safety-critical human-machine systems. *Computers in Human Behavior Reports*, vol. 13. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2023.100364>
- Seldon, A., & Abidoye, O. (2018). *The fourth education revolution: will artificial intelligence liberate or infantilise humanity*. Legend Press
- Vine, S., Uiga, L., Lavric, A., Moore, L., Tsaneva, K., & Wilson, M. (2014). Individual reactions to stress predict performance during a critical aviation incident. *Anxiety, Stress & Coping*, vol. 28(4), pp. 467-477, <https://doi.org/10.1080/10615806.2014.986722>
- Tyng, C., Amim, H., Saad, M., & Malik, A. (2017). The influence of emotion on learning and memory. *Frontiers Psychology*, vol. 8. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454>
- Widmann, A., Schröger, E., & Wetzell, N. (2018). Emotion lies in the eye of the listener: Emotional arousal to novel sounds is reflected in the sympathetic contribution to the pupil dilation response and the P3. *Biological Psychology*, vol. 133, pp. 10-17, <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.01.010>