

Respuesta Emocional a Paisajes en Ventanas Arquitectónicas Mediante Realidad Virtual Inmersiva

Eduardo S. Rocha, Antonio García-Anacleto y
José Francisco Armendáriz-López⁽¹⁾

Resumen: Este estudio analiza cómo diferentes vistas de paisajes —azul (Ensenada), verde (Mexicali) y café árido (Tijuana)— influyen en la experiencia emocional de estudiantes universitarios. El experimento empleó entornos virtuales de 360° presentados como vistas simuladas de ventanas arquitectónicas. Si bien el protocolo del experimento incluyó electroencefalografía (EEG) para evaluar la actividad alfa y beta, el presente artículo se centra en las respuestas emocionales medidas mediante la Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS), debido a su relevancia directa con el diseño arquitectónico, la restauración percibida y la mitigación del estrés académico.

Los resultados revelaron claras diferencias en las respuestas afectivas entre los diferentes tipos de paisajes. El afecto positivo fue mayor en el paisaje azul de Ensenada ($M = 34.08$), seguido de cerca por el paisaje verde de Mexicali ($M = 33.06$); mientras que el paisaje árido de Tijuana presentó valores sustancialmente más bajos ($M = 27.66$). Por el contrario, el afecto negativo mostró un patrón inverso: Ensenada ($M = 13.23$) y Mexicali ($M = 12.61$) mostraron un afecto negativo menor en comparación con Tijuana ($M = 16.54$). Un ANOVA factorial de 2×3 indicó una interacción significativa entre el tipo de paisaje y el afecto ($F = 32.399$, $p < .001$), lo que demuestra que las diferencias emocionales entre el afecto positivo y negativo dependían en gran medida del paisaje observado.

Estos hallazgos sugieren que el acceso visual a paisajes restauradores, incluso mediado por simulaciones virtuales de ventanas, puede influir significativamente en el bienestar emocional. Los resultados destacan la relevancia arquitectónica de la orientación de las ventanas, la selección del paisaje y el diseño visual del campus como posibles estrategias para apoyar la recuperación del estrés en estudiantes universitarios.

Palabras clave: Psicología ambiental - Percepción del paisaje - Vistas virtuales desde ventanas - PANAS - Neuroarquitectura - Realidad virtual

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 132]

(1) Ver CV en pág. 133

Introducción

La percepción es un proceso corporal multisensorial a través del cual los individuos interactúan e interpretan su entorno, lo cual influye directamente en los estados afectivos, procesos cognitivos y respuestas fisiológicas (Pallasmaa, 2014; Zumthor, 2006), en contextos arquitectónicos, esta relación es particularmente relevante, dado que los entornos construidos no solo cumplen funciones operativas, sino que también configuran experiencias perceptivas que modulan la interacción cotidiana entre los ocupantes y su entorno, en este sentido, el acceso visual a entornos naturales se puede asociar de forma sistemática con la recuperación emocional, la reducción del estrés y la mejora del bienestar fisiológico.

Al analizar esta interacción, se puede advertir que las vistas desde las ventanas cumplen la función de interfaces perceptivas críticas, dado que de manera activa median la relación entre los espacios interiores y los paisajes exteriores, por tanto, es a través de este dispositivo arquitectónico activo que los ocupantes mantienen un contacto visual continuo con elementos como la topografía, la vegetación, el agua, el cielo, y los cambios ambientales de temporal. En estudios previos se ha reportado que tener acceso a la vista de elementos naturales pueden influir en forma positiva en la experiencia espacial, el estado de ánimo y la percepción de confort en entornos residenciales, laborales y educativos (Kaplan y Kaplan, 1989; Sailer y Pomeroy, 2018). En este sentido, una ventana trasciende su función constructiva para constituirse en un elemento activo de la experiencia emocional del espacio. Por otro lado, desde la perspectiva de la psicología ambiental, se ha documentado el potencial restaurador de la naturaleza. Investigaciones pioneras (Ulrich 1984; Ulrich et al., 1991) sugirieron que la exposición visual a paisajes naturales puede generar respuestas afectivas positivas, así como promover una rápida reducción de los indicadores de estrés fisiológico y emocional, hallazgos que dieron lugar a marcos teóricos influyentes en este campo de la disciplina, como la Teoría de la Recuperación del Estrés, donde se propone que determinados estímulos ambientales (en particular los asociados con la naturaleza) facilitan procesos automáticos de recuperación emocional tras experiencias estresantes, estudios posteriores han sugerido, sobre esta misma línea, que los entornos naturales favorecen la facilitación de la actividad atencional y promueven la reducción de la fatiga cognitiva (Kaplan, 1995).

En contextos educativos, como los entornos universitarios, la revisión del entorno y su efecto en el estado emocional adquiere una relevancia adicional, dado que, los estudiantes están expuestos a múltiples exigencias académicas, cognitivas y sociales que pueden contribuir a que presenten niveles elevados de estrés académico, el cual se ha asociado con síntomas de ansiedad y depresión, así como manifestaciones de agotamiento emocional y menor rendimiento académico, influyendo en un mayor riesgo para la salud mental a medio y largo plazo (Beiter et al., 2015; Stallman, 2008, 2010). Se ha reportado de manera consistente que factores como la carga de trabajo, la presión de rendimiento, la evaluación continua y la incertidumbre sobre las trayectorias profesionales futuras contribuyen en que los estudiantes universitarios sean una población particularmente vulnerable al malestar psicológico (Beiter et al., 2015; Pascoe et al., 2020; World Health Organization [WHO], 2022).

En este sentido, las características del entorno físico en el que se desarrollan las actividades académicas adquieren una relevancia fundamental, dado que, tanto las aulas, las bibliotecas y los espacios de estudio no son entornos neutrales, sino entornos diseñados con el objetivo de incidir en las experiencias diarias del aprendizaje, desde una postura tradicional. Es así, que variables como la iluminación natural, el confort ambiental, el control del ruido y, en particular, las vistas al exterior que pueden contribuir en el desempeño de procesos cognitivos como la atención, la sensación de bienestar y la percepción del entorno educativo, no están pensadas considerando que el diseño arquitectónico desempeña un papel activo en la mediación del estrés académico (Beiter et al., 2015; Barrett et al., 2015; Tennessen y Cimprich, 1995), por tanto, contemplar las vistas naturales desde los espacios del aprendizaje académico promoverá un menor manejo de los recursos cognitivos y regulación de los estados emocionales. En este sentido, y a pesar de las evidencias, una parte significativa de las investigaciones en arquitectura continúa enfocada en comparaciones generales entre los entornos naturales y urbanos, sin considerar las variaciones específicas en la composición del paisaje ni sus características locales.

Es importante destacar que una gran cantidad de estudios empíricos se han realizado en contextos culturales y ubicaciones geográficas determinadas, principalmente en Europa y Estados Unidos de América (Li y Sullivan, 2016; Pan American Health Organization [PAHO], 2021), mientras que la investigación empírica centrada en el análisis de las relaciones entre el paisaje, la emoción y el entorno construido en contextos latinoamericanos sigue siendo limitada (Arango et al., 2018). Esta situación impacta en la generalización de sus hallazgos hacia otras regiones, generando brechas de conocimiento que realzan la necesidad de realizar estudios que aborden otras ubicaciones geográficas y entornos culturales variados. Además, las investigaciones previas rara vez han examinado cómo las composiciones del paisaje específico modulan las respuestas emocionales cuando están medidas por elementos arquitectónicos como las ventanas, en lugar de analizar las distinciones generales entre lo natural y lo urbano.

Por tanto, estudiar la composición arquitectónica y su vínculo con disciplinas como la psicología ambiental en forma experimental, puede verse beneficiado de herramientas como la realidad virtual (RV) que permite la simulación controlada de entornos visuales complejos con alta validez ecológica. La RV es una herramienta poderosa, que, a diferencia de los estímulos visuales tradicionales, permite la manipulación precisa de variables ambientales, sin necesidad de desplazar al participante, mientras que se expone a una percepción espacial realista, incluyendo profundidad, escala y campo de visión. Estudios que han utilizado esta herramienta han reportado que las respuestas perceptivas en entornos virtuales pueden aproximarse mucho a las observadas en entornos reales, lo que respalda la validez de la RV como plataforma metodológica para el estudio de la percepción visual y la experiencia ambiental (Abd-Alhamid et al., 2019)

Adicionalmente, los sistemas de RV inmersiva facilitan una sensación de presencia muy fuerte, definida como la ilusión perceptiva de “estar ahí”, que puede generar respuestas emocionales y fisiológicas auténticas incluso cuando los participantes son conscientes de la naturaleza artificial del entorno (Slater, 2018; Slater y Sanchez-Vives, 2016). Esta capacidad de evocar respuestas experienciales realistas, mientras que se mantiene el control

experimental, posiciona a la RV como una herramienta particularmente valiosa para la investigación de variables arquitectónicas como el impacto emocional y la percepción de los ambientales y entornos al ofrecer una oportunidad única para aislar y examinar la influencia de características específicas del paisaje, tal como se perciben a través de elementos arquitectónicos como las ventanas, en las respuestas emocionales (Browning et al., 2020; Yin et al., 2019).

Estos enfoques experimentales donde se vincula la arquitectura con la psicología son particularmente valiosos, ya que permiten la integración de evaluaciones subjetivas de la experiencia emocional, e incluso llegando a considerar mediciones fisiológicas, un área pionera conocida como Neuroarquitectura (Slater y Sanchez-Vives, 2016; Yin et al., 2019). Desde esta perspectiva, investigaciones previas han mostrado el potencial de la RV inmersiva como herramienta metodológica para investigar las respuestas humanas a estímulos ambientales incluyendo mediciones fisiológicas (Abd-Alhamid et al., 2019; Slater, 2018; Slater y Sanchez-Vives, 2016).

La mayoría de los estudios revisados hasta la fecha, se centran en paradigmas de inducción emocional muy generales, o utilizan contextos no arquitectónicos (Slater, 2018; Yin et al., 2019), en lugar de entornos mediados por elementos arquitectónicos como la ventana. Es por eso que el presente estudio, es uno de los primeros en vincular la percepción de estados emocionales con los elementos arquitectónicos, ya que hasta la fecha no se han encontrado estudios empíricos similares en el contexto mexicano, y la literatura disponible se limita en gran medida a la revisión conceptual, lo que pone de manifiesto una brecha crítica entre la teoría y la evidencia empírica, por este motivo en el estudio se propone la integración sistemática de simulaciones virtuales de vistas de ventanas arquitectónicas, exposición al paisaje a través de RV y la evaluación de la respuesta emocional en una muestra de estudiantes universitarios.

La brecha identificada, limita la comprensión que se tiene actualmente de cómo la composición del paisaje dentro de los campus universitarios puede influir en el bienestar emocional y la experiencia académica cotidiana de los estudiantes. Por ende, al abordar esta cuestión, de los estudiantes universitarios, se alinea con los ejes identificados por la PAHO (2021) y la WHO (2022) desde una perspectiva de la salud mental, y poder identificar estrategias de diseño basadas en evidencia que favorezcan la recuperación emocional y la reducción del estrés puede contribuir al desarrollo de entornos educativos más saludables y receptivos.

En este marco, el objetivo general del presente estudio es examinar cómo diferentes tipos de paisaje, observados a través de una ventana virtual, influyen en la experiencia emocional de los estudiantes universitarios. Para ello, se consideraron las respuestas afectivas en relación con tres paisajes que representan contextos locales de Baja California (azul-marítimo [Ensenada], verde-vegetativo [Mexicali] y café-árido [Tijuana]), presentados mediante entornos inmersivos de realidad virtual.

Método

Participantes

Para esta investigación, participaron 88 estudiantes de arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California – FCITEC, campus Valle de las Palmas, una universidad pública de Tijuana, México. La muestra estuvo compuesta por 39 mujeres y 49 hombres, con una edad promedio de 20.84 años ($DE = 2.10$; rango de edad = 18-27 años). El estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas institucionales.

Los participantes fueron reclutados mediante un muestreo por conveniencia. Las invitaciones se distribuyeron a través de redes sociales, contacto directo con los estudiantes y visitas presenciales a las aulas de los estudiantes de pregrado, con la autorización previa de los profesores del curso. Se evaluó la elegibilidad de los estudiantes interesados antes de participar. A quienes no cumplieron con los criterios de inclusión se les informó por correo electrónico y se les agradeció su interés.

Los criterios de inclusión fueron: (a) ser estudiante de arquitectura, (b) visión normal o corregida a la normalidad, (c) ausencia de afecciones neurológicas o psiquiátricas autodeclaradas, y (d) ser diestro. Los criterios de exclusión incluyeron antecedentes de epilepsia o trastornos convulsivos, traumatismo craneoencefálico previo o traumatismo craneoencefálico significativo, ser fotosensible, uso actual de antidepresivos o psicofármacos, consumo de alcohol o drogas en las 24 horas previas a la participación, haberse privado del sueño durante 24 horas o más antes de la participación y cualquier afección que pudiera interferir con la percepción visual, la evaluación emocional o la exposición a la realidad virtual.

Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito antes de participar y completaron voluntariamente la evaluación emocional. Los procedimientos de aprobación ética y consentimiento se describen en la sección de Consideraciones Éticas.

Diseño del estudio

El estudio empleó un diseño experimental intrasujeto para examinar los efectos del tipo de paisaje en las respuestas emocionales de estudiantes universitarios. Cada participante estuvo expuesto a múltiples condiciones de paisaje, lo que permitió la comparación directa de las respuestas afectivas en diferentes entornos, controlando la variabilidad individual. La variable independiente fue el tipo de paisaje, operacionalizado en tres categorías que representan contextos ambientales localizados: paisajes azul-marítimo, verde-vegetativo y café-árido. Estos paisajes se presentaron como entornos virtuales inmersivos de 360° que simulaban vistas arquitectónicas desde ventanas. Las variables dependientes fueron el afecto positivo y el afecto negativo, evaluados tras la exposición a cada paisaje.

Se utilizó un orden de presentación compensado para minimizar los posibles efectos de orden y arrastre. El estudio se diseñó para evaluar las respuestas emocionales a corto plazo generadas por la exposición visual a diferentes composiciones de paisaje en condiciones experimentales controladas. Si bien se recopilaban datos fisiológicos como parte del

protocolo de investigación más amplio, el presente manuscrito se centra en las respuestas emocionales autoinformadas debido a su relevancia directa para el diseño arquitectónico y los resultados relacionados con el estrés.

Entornos virtuales y estímulos

Se crearon tres estímulos visuales panorámicos de 360° para representar los tipos de paisaje comúnmente asociados con entornos costeros e interiores del noroeste de México. Los estímulos se capturaron con una cámara Ricoh Theta de 360 grados y se presentaron como entornos virtuales inmersivos que simulaban vistas arquitectónicas desde ventanas, lo que permitió a los participantes percibir cada paisaje desde una posición fija en condiciones visuales controladas.

Los paisajes se seleccionaron para reflejar contextos ambientales cualitativamente distintos, en lugar de representar proporciones cromáticas o espaciales precisas. No se realizó ningún análisis cuantitativo de la distribución del color (p. ej., porcentaje de azul, verde o café), elementos construidos o componentes del paisaje. En su lugar, los estímulos se definieron en función de su carácter visual general, las características ambientales dominantes y los atributos paisajísticos comúnmente reconocidos, en consonancia con los enfoques utilizados en estudios previos de percepción ambiental.

Paisaje azul (Ensenada)

El paisaje azul representa un entorno visual costero caracterizado por un horizonte abierto orientado hacia el océano Pacífico. La escena incluye una gran proporción de cielo visible, vistas a larga distancia y alta luminosidad. En primer plano y en segundo plano, el paisaje incorpora un campo deportivo y elementos construidos dispersos, lo que introduce una complejidad visual moderada sin obstruir la apertura del horizonte. La combinación del dominio del cielo, la presencia de agua a lo lejos y las vistas sin obstáculos contribuyen a una sensación de apertura espacial y continuidad visual típicamente asociada con los entornos marítimos.

Paisaje verde (Mexicali)

El paisaje verde corresponde a un entorno con vegetación, similar a un parque, ubicado en un contexto urbano-universitario. La escena está dominada por árboles, palmeras, suelo cubierto de pasto y vegetación estratificada, lo que produce un entorno visualmente rico con texturas naturales pronunciadas, sombras y señales de profundidad. En comparación con el paisaje azul, este entorno presenta un mayor grado de espacio cerrado debido a la presencia vertical de la vegetación, a la vez que permite vistas parciales de los edificios circundantes al fondo. La composición visual general refleja un entorno naturalista comúnmente asociado con señales restauradoras y biofílicas.



Figura 1. Estímulos de ventana virtual presentados en formato inmersivo de 360°. (a) azul-marítimo (Ensenada), (b) verde-vegetado (Mexicali) y (c) café-árido (Tijuana).

Paisaje árido (Tijuana)

El paisaje árido representa un entorno seco y semidesértico caracterizado por suelo expuesto, rocas, vegetación escasa y una paleta cromática predominantemente café.

La escena presenta alta exposición solar, poca sombra y mínima densidad biológica. Los elementos naturales se distribuyen irregularmente a lo largo del terreno, con rocas dispersas y arbustos bajos que contribuyen a un entorno visualmente austero. La ausencia de vegetación densa y el predominio de superficies de suelo seco reflejan condiciones ambientales asociadas con la aridez y una menor complejidad natural.

En conjunto, estos tres paisajes virtuales proporcionaron condiciones visuales contrastantes que difieren en términos de apertura, densidad de vegetación, predominio cromático y carácter ambiental. Presentados como vistas arquitectónicas simuladas desde una ventana, los estímulos permitieron examinar cómo los distintos tipos de paisaje cualitativamente influyen en las respuestas emocionales en condiciones experimentales inmersivas pero controladas.

Procedimiento

Después de haber hecho la invitación por redes sociales para el reclutamiento y la posterior selección de los participantes que cumplieron con los requerimientos de selección, se les envió por correo electrónico detalles para agendar su visita y la ubicación del laboratorio. Los participantes idóneos programaron una sesión individual en las instalaciones de la universidad.

A su llegada, se les dio la bienvenida y se les entregó un formulario de consentimiento informado, que leyeron y firmaron antes del inicio del experimento. A continuación, se les sentó cómodamente, se les proporcionó una mascarilla tipo antifaz para proteger la piel, se ajustó el equipo de realidad virtual para asegurar un ajuste adecuado y claridad visual, y se les dieron instrucciones sobre cómo operar los controles en el entorno virtual. Las sesiones se llevaron a cabo bajo condiciones controladas de iluminación, olores y ruido en interiores.

El equipo que se utilizó para la representación virtual fue:

- Laptop ASUS ROG Strix G18 (2024) G814, Intel Core i9, 18" QHD 240Hz, 32 GB RAM, 64-bit, GEFORCE Nvidia RTX 4080 16 GB, 2TB SSD, sistema operativo Windows 11, paquetería Microsoft Office 365. El entorno virtual fue creado usando AutoCAD 2020, Blender 3.5, UNITY 2022.2
- Equipo de realidad virtual HTC VIVE Eye Pro, resolución de 1440 x 1600 píxeles por ojo, frecuencia de actualización 90 Hz, campo de visión 110°, 2 sensores base SteamVR Tracking 2.0, 2 controles, cables para la interconexión y energía.
- 2 tripies de 8' (2.44m, para sensores base 2.0)
- Amazon Fire tablet 8" 32GB (tableta para firmar consentimiento informado)
- Mascarillas tipo antifaz (para protección de contaminación biológica)

- Guantes de neopreno
- Atomizador con solución de Lysol y toallas de microfibra para limpiar el equipo después de cada uso.
- EMOTIV Epoc X, equipo portátil de uso en seco con 14 canales y 2 referencias, sampleo 128/256Hz, configuración 10-20, cables y antena Bluetooth (cada canal o electrodo lleva una felpa húmeda en solución salina que hace contacto con la piel).

La unidad de análisis correspondió a la respuesta emocional de cada participante tras la exposición a cada condición del paisaje. Los datos capturados al ejecutar el PANAS, se archivaron en hojas de cálculo de Google, posteriormente se procesaron en las hojas de cálculo Excel de Microsoft OFFICE 365 para facilitar el manejo y posteriormente realizar análisis estadísticos.

Para todo el análisis estadístico se usó RStudio 4.5.2 (Posit team, 2025).

Previo al experimento se implementaron medidas de higiene para garantizar la seguridad de los participantes a quienes se les proporcionó una mascarilla protectora desechable para usar con el visor de realidad virtual, de igual forma el equipo de RV se limpió y desinfectó después de cada sesión, siguiendo los protocolos de higiene institucionales para prevenir la contaminación biológica y garantizar un uso seguro entre los participantes.

Al iniciar el procedimiento experimental, cada uno de los participantes registró sus iniciales al inicio de su participación como clave única y registró las respuestas de cada sesión. Tras el registro, completaron una breve tarea de interfaz cognitiva diseñada para inducir la carga cognitiva y la demanda atencional; esta tarea consistió en el paradigma de Stroop (1935), ampliamente utilizado para generar estrés cognitivo en entornos experimentales. Esta tarea se administró para establecer una línea base común de activación cognitiva antes de la presentación de los estímulos de la ventana virtual.

Cada participante fue expuesto a tres condiciones o paisajes virtuales inmersivos de 360°, que fueron presentados como vistas simuladas de ventanas arquitectónicas (se replicó un aula típica en 3D). El orden de presentación de los paisajes se equilibró entre los participantes para controlar los posibles efectos de orden y arrastre. Se les indicó a los participantes que permanecieran sentados, mantuvieran una postura de visión natural y que observaran atentamente cada entorno virtual. El procedimiento experimental siguió un diseño de medidas repetidas en el que los participantes fueron expuestos a tres paisajes virtuales inmersivos presentados como vistas de ventanas arquitectónicas en orden aleatorio, y se realizó una evaluación emocional después de cada exposición.

Cada paisaje se presentó durante un tiempo fijo de 10 segundos en condiciones controladas. Tras la exposición a cada paisaje, los participantes completaron una autoevaluación emocional mediante el Programa de Afectos Positivos y Negativos (PANAS). Las respuestas se registraron dentro del entorno virtual mediante controladores portátiles (controles), lo que permitió a los participantes informar su estado emocional inmediatamente después de cada exposición.

Se registraron datos fisiológicos simultáneamente como parte de un protocolo experimental más amplio, sin embargo, el presente manuscrito se centra exclusivamente en las respuestas emocionales autoinformadas, dada su relevancia directa para las consideraciones de diseño arquitectónico y los resultados relacionados con el estrés.

Al completar las tres condiciones experimentales, se retiró el equipo, se respondieron preguntas, dudas e inquietudes de los participantes y se les agradeció su participación. La sesión experimental completa duró aproximadamente entre 25 y 30 minutos por participante.

Posteriormente se revisó la hoja de cálculo donde se capturaron todos los registros de los participantes y se detectó cada patrón de participación para identificar las respuestas para cada uno de los tres paisajes presentados, una vez que se organizaron los datos por ciudad se cuantificaron las respuestas positivas y negativas para tener los totales con los cuales se hará el cálculo y la gráfica correspondiente por ciudad.

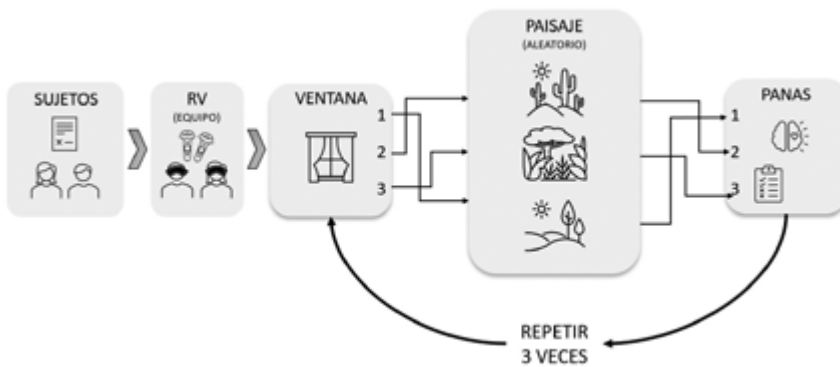


Figura 2. Metodología, representación esquemática del procedimiento experimental. Los participantes fueron expuestos a tres paisajes virtuales inmersivos presentados como vistas de ventanas arquitectónicas en orden aleatorio. Las respuestas emocionales se evaluaron mediante la escala PANAS después de cada exposición.

Medidas

Sistema afectivo positivo y negativo PANAS

Las respuestas emocionales se evaluaron mediante la Escala de Afecto Positivo y Negativo (PANAS), un instrumento de autoinforme ampliamente validado, diseñado para medir dos dimensiones del afecto relativamente independientes: el afecto positivo y el afecto negativo. El PANAS consta de 20 ítems, diez de los cuales evalúan cada dimensión afectiva, calificados en una escala Likert de cinco puntos según la intensidad de los estados afectivos experimentados. El instrumento ha demostrado sólidas propiedades psicométricas, incluyendo alta consistencia interna y validez factorial en diversas poblaciones.

En el presente estudio, se empleó la versión en español del PANAS validada para población mexicana, en esta versión conserva la estructura bifactorial original y ha demostrado una adecuada confiabilidad, validez convergente y estabilidad temporal en muestras de adultos y universitarios, lo que respalda su uso para la evaluación de estados emocionales en el contexto mexicano. (Robles y Páez, 2003)

Las calificaciones del PANAS se recopilaron diez (10) segundos después de la exposición a cada paisaje virtual, lo que permitió evaluar la respuesta emocional a corto plazo generadas por los estímulos visuales. Conforme se realizaba la exposición a las tereas experimentales, se registró en forma simultánea la señal eléctrica cerebral por medio de electroencefalograma (EEG) con el equipo EMOTIV de 14 canales, como parte de un protocolo experimental más amplio. Los datos de EEG se recopilaron para caracterizar la actividad neuronal durante la sesión experimental; sin embargo, el presente manuscrito se centra exclusivamente en las respuestas emocionales autoinformadas, dada su relevancia directa para el diseño arquitectónico y los resultados percibidos de la restauración. Por lo tanto, los registros de EEG no se analizan ni se informan en el presente estudio y se abordarán en trabajos posteriores.

Consideraciones éticas

El estudio se realizó de conformidad con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (puntos 25 a 32) de la World Medical Association (2013) y sus modificaciones posteriores. El protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el comité de ética interno de la Universidad Autónoma de Baja California, FCITEC, Valle de las Palmas, Tijuana, México. Todos los participantes fueron informados sobre los objetivos y procedimientos del estudio y otorgaron su consentimiento informado por escrito antes de participar. La participación fue voluntaria y se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los datos durante todo el proceso de investigación.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis estadísticos para examinar las diferencias en las respuestas emocionales en las tres condiciones de paisaje. Las puntuaciones de afecto positivo y negativo derivadas del PANAS se consideraron variables dependientes.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas 2x3, considerando la dimensión del afecto (positiva vs. negativa) y el tipo de paisaje (azul-marítimo [Ensenada], verde-vegetado [Mexicali], café-árido [Tijuana]) como factores intraindividuales. Este enfoque permitió evaluar los efectos principales y los efectos de interacción, considerando la variabilidad interindividual.

Cuando se observaron efectos significativos, se realizaron comparaciones post-hoc mediante la corrección de Bonferroni para controlar las comparaciones múltiples. Se examinaron y visualizaron estadísticas descriptivas mediante tablas y gráficos para ilustrar los perfiles emocionales de cada condición del paisaje.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con RStudio 4.5.2

Resultados

Estadística descriptiva

Los 88 participantes completaron el protocolo experimental; El experimento se realizó 123 veces, de las cuales 35 se excluyen del análisis debido a problemas técnicos e impedancia. Las puntuaciones de afecto positivo fueron más altas para el paisaje azul de Ensenada ($M = 34.08$), seguidas de cerca por el paisaje verde de Mexicali ($M = 33.06$), mientras que el paisaje árido de Tijuana presentó valores sustancialmente más bajos ($M = 27.66$). El afecto negativo mostró el patrón inverso: Ensenada ($M = 13.23$) y Mexicali ($M = 12.61$) produjeron un afecto negativo menor que Tijuana ($M = 16.54$).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del afecto positivo y negativo por ciudad.

Ciudad	Afecto	Media	D.E.	Mediana
Ens	Negativo	13.232	4.181	11
Ens	Positivo	34.080	7.585	35
Mxl	Negativo	12.607	3.573	11
Mxl	Positivo	33.063	6.789	33
Tj	Negativo	16.545	6.559	14
Tj	Positivo	27.661	8.419	28

ANOVA factorial (2×3)

El ANOVA 2×3 reveló un fuerte efecto principal del Afecto, $F(1, N) = 1033,08$, $p < 0,001$, lo que indica claras diferencias entre las puntuaciones de afecto positivo y negativo. El efecto principal de Paisaje/Ciudad no fue significativo a nivel convencional, $F(2, N) = 2,426$, $p = 0,09$. Sin embargo, se observó una interacción significativa entre Afecto y Paisaje, $F(2, N) = 32,399$, $p < 0,001$, lo que demuestra que la diferencia entre afecto positivo y negativo depende en gran medida del tipo de paisaje observado.

Tabla 2. Resumen del ANOVA para la interacción entre afecto y paisaje.

Variables	g. l.	Suma cuadrados	Media Cuadrática	F	Significancia
Ciudad	2	190.470	95.235	2.426	0.09
Afecto	1	40547.593	40547.593	1033.082	<0.001
Ciudad/Afecto	2	2543.288	1271.644	32.399	<0.001
Total	522	20488.057	39.249		

Comparación por pares y visualización

Las comparaciones por pares indicaron que el contraste entre el afecto positivo y negativo fue significativo para los tres paisajes ($p < 0,001$ en todos los casos), pero la magnitud de este contraste varió según la ciudad. La mayor diferencia se observó en Ensenada, seguida de cerca por Mexicali, mientras que Tijuana mostró una brecha menor entre el afecto positivo y negativo, en consonancia con su perfil restaurador más bajo.

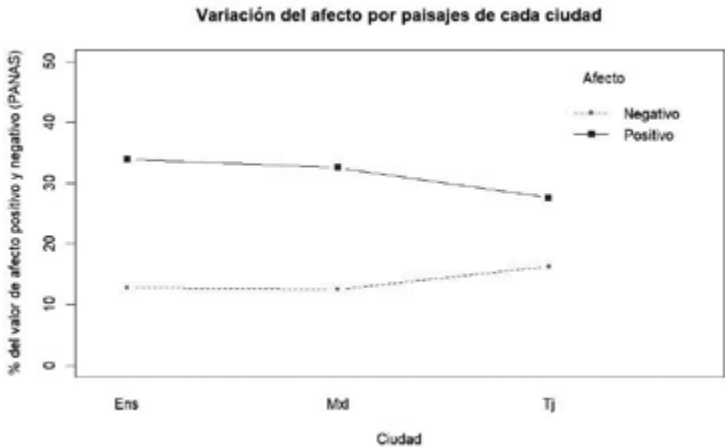


Figura 3. Puntuaciones de afecto positivo y negativo para cada condición del paisaje.

Tabla 3. Comparaciones por pares entre el afecto positivo y negativo dentro de cada ciudad.

Ciudad	Afectos	g. l.	Estadístico	p. ajustada
Ensenada	Negativo/Positivo	522	-22.415	<0.001
Mexicali	Negativo/Positivo	522	-21.236	<0.001
Tijuana	Negativo/Positivo	522	-12.020	<0.001

Discusión

Los hallazgos muestran que la composición del paisaje influye significativamente en las respuestas emocionales de los estudiantes universitarios. En la muestra de estudiantes los paisajes azules y verdes generaron un mayor afecto positivo y un menor afecto negativo en comparación con el entorno árido, estos hallazgos son consistentes con las teorías de preferencia ambiental ya que sostiene que ciertas cualidades ambientales como espacios abiertos, suaves o áreas con maleza, evocan diferentes respuestas emocionales. (Kaplan et al., 1989). La teoría sobre la reducción del estrés de Ulrich (1991, 2023) detalla información consistente sobre cómo la exposición a la naturaleza reduce el estrés fisiológico y psicológico, mejorando las funciones cognitivas y el rendimiento. Por otro lado, la teoría de la recuperación de la atención (Kaplan & Kaplan, 1989) propone que los entornos naturales restauran la atención o fatiga cognitiva a través de la fascinación y el alejamiento de estímulos demandantes. Este proceso complementa la reducción del estrés Ulrich y contribuye a explicar la preferencia humana por ambientes naturales.

El paisaje marítimo azul de Ensenada, con su horizonte abierto y la presencia del agua, fue el más reparador, seguido de cerca por el paisaje verde y vegetado de Mexicali. En contraste, el paisaje árido de Tijuana mostró menores beneficios emocionales y un mayor afecto negativo, a diferencia de lo que afirma Yin (et al., 2022), de acuerdo con su investigación, sugiere que hay un efecto positivo y recuperador del estrés, desafiando teorías psicológicas como la teoría de la sabana, ya que esta indica que los ambientes con agua y vegetación serían los más beneficiosos para la recuperación del estrés. (Rathmann, et. al., 2022)

Estos hallazgos coinciden con los resultados de Brooks et al. (2017) donde se contrastaron los resultados adquiridos en el invierno canadiense, ya que los estudios previos se lograron mayormente en verano y los resultados del afecto positivo fueron mayores cuando los alumnos universitarios tuvieron contacto directo con la naturaleza, dando un paseo por la nieve y el afecto negativo fue menor que en los entornos urbanos. Por otro lado, el hacer contacto con la naturaleza, caminar o simplemente la contemplación fueron más efectivos en la mejora del afecto positivo; estos resultados indican que el contacto será mejor que

ver imágenes de naturaleza, pero estas imágenes tienen mejores resultados que las imágenes de contextos urbanos.

En un contexto totalmente diferente caliente y árido como en el estado de Texas, Estados Unidos, McFarland (2008) dio a conocer los resultados al investigar la relación de los estudiantes, el uso de las áreas verdes y la percepción en la calidad de vida; sin importar el sexo o etnicidad, los alumnos tienden a ser más felices y experimentan efectos fisiológicos y psicológicos positivos cuando tienen acceso a entornos naturales incluyendo vistas de vegetación y montañas cercanas, el diseño paisajístico contribuye a solidificar la identidad universitaria y esta apariencia general del campus con áreas vegetadas es un factor significativo para elegir estudiar en esa universidad.

Desde el punto de vista arquitectónico, estos resultados sugieren que la orientación de las ventanas, la planificación del paisaje y el diseño visual del campus pueden desempeñar un papel significativo en el bienestar emocional y la mitigación del estrés académico. Utilizar simuladores de realidad virtual de 360° presentadas en forma de vistas de ventanas arquitectónicas ilustra un método práctico para evaluar posibles decisiones de diseño antes de su implementación en entornos construidos.

Hasta el momento no se han encontrado otros estudios similares en el contexto mexicano, por tanto esta investigación empírica que combina simulaciones de paisaje basadas en realidad virtual, evaluación emocional con PANAS y monitorización EEG dentro de un contexto arquitectónico en México, que a diferencia de los estudios previos encontrados en la literatura, donde se utilizaron únicamente imágenes estáticas o en la exposición ambiental general, el presente trabajo aísla la ventana arquitectónica como un dispositivo mediador, lo que permite una evaluación controlada de la composición del paisaje dentro de un contexto inmersivo.

Conclusión

En conclusión, los paisajes azules y verdes, expuestos a través de ventanas arquitectónicas virtuales, mejoraron significativamente el bienestar emocional de los participantes en comparación con la exposición a entornos áridos. Estos hallazgos resaltan la importancia de la composición del paisaje en los campus universitarios y sugieren que las decisiones arquitectónicas relativas a la ubicación de las ventanas y las vistas exteriores pueden influir de manera significativa en los estados emocionales y la recuperación del estrés en los estudiantes. La integración de la psicología ambiental, la neuroarquitectura y las herramientas de evaluación basadas en realidad virtual ofrece una vía prometedora para el diseño basado en la evidencia en entornos educativos.

Estos hallazgos refuerzan el papel de la arquitectura como mediadora activa de la experiencia emocional, destacando la ventana no solo como una abertura pasiva, sino como una interfaz crucial que moldea la interacción entre el ser humano y el entorno. La integración de la realidad virtual inmersiva y la psicología ambiental ofrece una sólida metodología para el diseño arquitectónico basado en la evidencia.

Limitaciones

Este estudio presentó diversas limitaciones. En primer lugar, la muestra se conformó por estudiantes de arquitectura de un solo campus de la universidad, lo que podría restringir su generalización. En segundo lugar, las respuestas emocionales se midieron mediante autoinformes, que podrían estar sujetas a sesgos. En tercer lugar, el estudio no incluyó condiciones de exposición en el mundo real para su comparación.

Futuras líneas de investigación

Las investigaciones futuras pueden considerar integrar el análisis de marcadores fisiológicos para examinar las correlaciones al explorar diferentes configuraciones arquitectónicas y contextos culturales.

Referencias

- Abd-Alhamid, F., Kent, M., Bennett, C., Calautit, J., & Wu, Y. (2019). *Developing an innovative method for visual perception evaluation in a physical-based virtual environment*. Building and Environment, 162, Article 106278. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106278>
- Arango, C., Díaz-Caneja, C. M., McGorry, P. D., Rapoport, J., Sommer, I. E., Vorstman, J. A., McDaid, D., Marín, O., Serrano-Drozdzowskyj, E., Freedman, R., & Carpenter, W. T. (2018). *Preventive strategies for mental health*. The Lancet Psychiatry, 5 (7), 591–604. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30057-9](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30057-9)
- Barrett, P., Zhang, Y., Moffat, J., & Kobbacy, K. (2015). *A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning*. Building and Environment, 89, 118–133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- Beiter, R., Nash, R., McCrady, M., Rhoades, D., Linscomb, M., Clarahan, M., & Sammut, S. (2015). *The prevalence and correlates of depression, anxiety, and stress in a sample of college students*. Journal of Affective Disorders, 173, 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2014.10.054>
- Brooks, A. M., Ottley, K. M., Arbuthnott, K. D., & Sevigny, P. (2017). *Nature-related mood effects: Season and type of nature contact*. Journal of Environmental Psychology, 54, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.10.004>
- Browning, M. H. E. M., Mimnaugh, K. J., van Riper, C. J., Laurent, H. K., & LaValle, S. M. (2020). *Can simulated nature support mental health? Frontiers in Psychology, 10*, Article 2667. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02667>
- Kaplan, R., y Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Kaplan, R., Kaplan, S., Brown, T. (1989). *Environmental preference: A comparison of four domains of predictors*. Environment and Behaviour. 21 (5) 509-530.

- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15 (3), 169–182. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90001-2](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90001-2)
- Li, D., y Sullivan, W. C. (2016). *Impact of views to school landscapes on recovery from stress and mental fatigue*. *Landscape and Urban Planning*, 148, 149–158. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.015>
- McFarland, A.L., Waliczek, T.M., Zajicek, J.M. (2008). The relationship between student use of green spaces and perceptions of quality of life. *HortTechnology*, 18(2), 232–238.
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius loci: Towards a phenomenology of architecture*. Rizzoli.
- Pallasmaa, J. (2014). *Los ojos de la piel: La arquitectura y los sentidos* (Moisés Puente y Carles Muro, Trad.) (2.ª ed.). Editorial Gustavo Gili.
- PAHO Pan American Health Organization. (2021). *The burden of mental disorders in the Region of the Americas, 2000–2019*. <https://www.paho.org/en/enlace/burden-mental-disorders>
- Pascoe, M. C., Hetrick, S. E., & Parker, A. G. (2020). The impact of stress on students in secondary school and higher education. *International Journal of Adolescence and Youth*, 25 (1), 104–112. <https://doi.org/10.1080/02673843.2019.1596823>
- Posit team (2025). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC, Boston, MA. URL <http://www.posit.co/>.
- Rathmann, J., Korpela, K., & Stojakowits, P. (2022). Pleistocene hypothesis: Moving savanna perceptual preference hypothesis beyond savanna. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 901799. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.901799>
- Robles, R., y Páez, F. (2003). Estudio sobre la traducción al español y las propiedades psicométricas de las escalas de afecto positivo y negativo (PANAS). *Salud Mental*, 26(1), 69–75.
- Sailer, K., & Pomeroy, R. (2018). *The impact of daylight in workspaces on productivity*. brain-ybirdz. <https://www.beoffices.com/wp-content/uploads/2018/02/DaylightReportBE.pdf>
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology*, 109(3), 431–433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12305>
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, Article 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Stallman, H. M. (2008). Prevalence of psychological distress in university students: Implications for service delivery. *Australian Family Physician*, 37(8), 673–677.
- Stallman, H. M. (2010). Psychological distress in university students: A comparison with general population data. *Australian Psychologist*, 45(4), 249–257. <https://doi.org/10.1080/00050067.2010.482109>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tennessen, C. M., & Cimprich, B. (1995). Views to nature: Effects on attention. *Journal of Environmental Psychology*, 15 (1), 77–85. [https://doi.org/10.1016/0272-4944\(95\)90016-0](https://doi.org/10.1016/0272-4944(95)90016-0)
- Ulrich, R. (1984). *View through a window may influence recovery from surgery*. *Science*, 224 (4647), 420–421. <https://doi.org/10.1126/science.6143402>

- Ulrich, R. S., Simons, R. F., Losito, B. D., Fiorito, E., Miles, M. A., & Zelson, M. (1991). Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11 (3), 201–230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)
- Ulrich, R. S. (2023) Stress reduction theory. In D. Marchand, E. Pol & K. Weiss (Eds.), 100 key concepts in environmental psychology (pp. 143-146). New York, NY: Routledge.
- Whyte, W. H. (1980). The social life of small urban spaces. Project for Public Spaces.
- WHO World Health Organization. (2022). Mental health of college students. WHO.
- World Medical Association. (2013). Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310 (20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yin, J., Arfaei, N., MacNaughton, P., Catalano, P. J., Allen, J. G., & Spengler, J. D. (2019). *Effects of biophilic interventions in office on stress reaction and cognitive function: A randomized crossover study in virtual reality*. *Indoor Air*, 29(6), 1028–1039. <https://doi.org/10.1111/ina.12593>
- Yin, J., Bratman, G. N., Browning, M. H. E. M., Spengler, J. D., & Olvera-Alvarez, H. A. (2022). Stress recovery from virtual exposure to a brown (desert) environment versus a green environment. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101775. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101775>
- Zumthor, P. (2006). *Atmosferas: Entornos arquitectónicos*. Las cosas que me rodean (M. T. Fernández, Trad.). Editorial Gustavo Gili.

Abstract. This study analyzes how different landscape views—blue (Ensenada), green (Mexicali), and arid brown (Tijuana)—influence the emotional experience of university students. The experiment employed 360° virtual environments presented as simulated architectural window views. Although the experimental protocol included electroencephalography (EEG) to assess alpha and beta activity, this article focuses on emotional responses measured **תועצמא** the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), due to its direct relevance to architectural design, perceived restoration, and the mitigation of academic stress.

The results revealed clear differences in affective responses across landscape types. Positive affect was highest for the blue landscape of Ensenada ($M = 34.08$), followed closely by the green landscape of Mexicali ($M = 33.06$), while the arid landscape of Tijuana showed substantially lower values ($M = 27.66$). In contrast, negative affect displayed an inverse pattern: Ensenada ($M = 13.23$) and Mexicali ($M = 12.61$) showed lower negative affect compared to Tijuana ($M = 16.54$). A 2×3 factorial ANOVA indicated a significant interaction between landscape type and affect ($F = 32.399$, $p < .001$), demonstrating that differences between positive and negative affect depended strongly on the observed landscape.

These findings suggest that visual access to restorative landscapes, even when mediated through virtual window simulations, can significantly influence emotional well-being. The results highlight the architectural relevance of window orientation, landscape selection, and campus visual design as potential strategies to support stress recovery in university students.

Keywords: environmental psychology - landscape perception - virtual window views - PANAS - neuroarchitecture - virtual reality

Resumo: Este estudo analisa como diferentes vistas de paisagens — azul (Ensenada), verde (Mexicali) e marrom árido (Tijuana) — influenciam a experiência emocional de estudantes universitários. O experimento utilizou ambientes virtuais em 360° apresentados como vistas simuladas de janelas arquitetônicas. Embora o protocolo experimental tenha incluído eletroencefalografia (EEG) para avaliar a atividade alfa e beta, este artigo concentra-se nas respostas emocionais medidas por meio da Escala de Afeto Positivo e Negativo (PANAS), devido à sua relevância direta para o design arquitetônico, a restauração percebida e a mitigação do estresse acadêmico.

Os resultados revelaram diferenças claras nas respostas afetivas entre os tipos de paisagem. O afeto positivo foi mais elevado na paisagem azul de Ensenada ($M = 34,08$), seguido de perto pela paisagem verde de Mexicali ($M = 33,06$), enquanto a paisagem árida de Tijuana apresentou valores substancialmente mais baixos ($M = 27,66$). Em contrapartida, o afeto negativo apresentou um padrão inverso: Ensenada ($M = 13,23$) e Mexicali ($M = 12,61$) mostraram menor afeto negativo em comparação com Tijuana ($M = 16,54$). Uma ANOVA fatorial 2×3 indicou uma interação significativa entre o tipo de paisagem e o afeto ($F = 32,399$; $p < 0,001$), demonstrando que as diferenças entre afeto positivo e negativo dependem fortemente da paisagem observada.

Esses achados sugerem que o acesso visual a paisagens restauradoras, mesmo mediado por simulações virtuais de janelas, pode influenciar significativamente o bem-estar emocional. Os resultados destacam a relevância arquitetônica da orientação das janelas, da seleção da paisagem e do desenho visual do campus como estratégias potenciais para apoiar a recuperação do estresse em estudantes universitários.

Palavras-chave: psicologia ambiental - percepção da paisagem - vistas virtuais de janelas - PANAS - neuroarquitetura - realidade virtual

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo.]

Eduardo S. Rocha. Doctorante en Arquitectura Urbanismo y Diseño por la Universidad Autónoma de Baja California. Maestro en Arquitectura de Interior por la Escuela Superior de Artes Visuales. Actualmente se desempeña como Profesor de Asignatura en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la UABC, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana. Su línea de investigación aborda la integración de la arquitectura con los procesos cognitivos, respuesta emocional y fisiológica con RV inmersiva.

Antonio García-Anacleto. Doctor en Psicología en el área de Neurociencias del Comportamiento por la UNAM. Actualmente se desempeña como Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias de la Salud de la UABC, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana.

Sus líneas de investigación abordan la adaptación de pruebas psicométricas y el diseño de tareas experimentales para su aplicación virtual, enfocándose en el estudio de la atención, las funciones ejecutivas y la cognición social, así como en la evaluación y rehabilitación neuropsicológica.

José Francisco Armendáriz-López. Doctor en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente se desempeña como Profesor de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología de la UABC, Unidad Valle de las Palmas, Tijuana. Sus líneas de investigación son Habitabilidad ambiental (calidad del ambiente interior), Eficiencia energética en la edificación y Análisis de ciclo de vida.