



Análisis del entorno físico en espacios educativos universitarios y su influencia en el rendimiento académico: estudio aplicado en la sede Bluefields de la BICU

Analysis of the physical environment in university educational spaces and its influence on academic performance: a study applied at the Bluefields campus of BICU

Deyvis Jesús García Zamora

Bluefields Indian & Caribbean University,
Nicaragua.

<https://orcid.org/0009-0000-9841-5172>

deyvis.garcias@es.bicu.edu.ni

Julio César Araúz Urbina

Bluefields Indian & Caribbean University,
Nicaragua.

<https://orcid.org/0000-0003-3295-8136>

julio.arauz@do.bicu.edu.ni

RECIBIDO

14/09/2025

ACEPTADO

22/12/2025

Harietka Janneth Labonte Padilla

Bluefields Indian & Caribbean University,
Nicaragua.

<https://orcid.org/0009-0002-9315-7658>

harietka.labonte@es.bicu.edu.ni

Roberto Castro Hernández

Bluefields Indian & Caribbean University,
Nicaragua.

<https://orcid.org/0009-0005-4797-6830>

roberto.castro@bicu.edu.ni

Onosmas Celine Allen-Siezers

Bluefields Indian & Caribbean University,
Nicaragua.

<https://orcid.org/0000-0002-0745-8298>

onosma.allen@do.bicu.edu.ni

Juan Asdrúbal Flores-Pacheco

Bluefields Indian & Caribbean University,
Nicaragua.

<https://orcid.org/0000-0001-6553-7202>

asdrubal.flores@do.bicu.edu.ni

RESUMEN

El entorno físico en las aulas universitarias desempeña un papel fundamental en el aprovechamiento académico de los estudiantes y en la efectividad de la labor docente. Este estudio examinó las condiciones ambientales en los espacios educativos de la sede Bluefields de la BICU, y su incidencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se evaluaron factores como la luminosidad, el ruido y la ventilación, recurriendo tanto a herramientas de medición especializadas como a cuestionarios dirigidos a profesores y alumnos. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando instrumentos como luxómetros, sonómetros y termo-higrómetros para recolectar información relativa a la luz, el sonido y la calidad del aire. Estas variables se contrastaron con normas nacionales (NTON 12 006-04) y directrices internacionales de la OMS para ambientes educativos. Los hallazgos mostraron que la iluminación en algunas aulas era insuficiente o excesiva, lo que repercutía en la comodidad visual. Asimismo, el ruido sobrepasó el límite aconsejado de 35 dB, dificultando la comunicación y la atención. La escasa ventilación contribuyó a la acumulación de dióxido de carbono, ocasionando fatiga y reduciendo el rendimiento intelectual. Se concluyó que los entornos ambientales desfavorables tienen una influencia negativa sobre docentes y estudiantes, por lo que se subraya la urgencia de optimizar la luz, disminuir el ruido y mejorar la ventilación en los espacios educativos de la BICU.

PALABRAS CLAVE

Luminosidad; contaminación acústica; ventilación; rendimiento estudiantil; entorno confortable.



ABSTRACT

The physical environment in university classrooms plays a fundamental role in students' academic performance and in the effectiveness of teaching. This study examined the environmental conditions in the educational spaces at the Bluefields campus of the BICU and their impact on teaching and learning processes. Factors such as light, noise, and ventilation were evaluated using both specialized measurement tools and questionnaires administered to teachers and students. The research took a quantitative and descriptive approach, using instruments such as lux meters, sound level meters, and thermo-hygrometers to collect information on light, sound, and air quality. These variables were compared with national standards (NTON 12 006-04) and international WHO guidelines for educational environments. The findings showed that lighting in some classrooms was insufficient or excessive, which affected visual comfort. Likewise, noise exceeded the recommended limit of 35 dB, hindering communication and attention. Poor ventilation contributed to the accumulation of carbon dioxide, causing fatigue and reducing intellectual performance. It was concluded that unfavorable environmental conditions have a negative influence on teachers and students, highlighting the urgent need to optimize lighting, reduce noise, and improve ventilation in BICU educational spaces.

KEYWORDS

Lighting; noise pollution; ventilation; student performance; comfortable environment.

INTRODUCCIÓN

23

El rendimiento académico en la educación universitaria y la eficacia de la labor docente están condicionados por una interacción compleja de factores pedagógicos, cognitivos y contextuales. Entre estos, las características físicas del entorno de aprendizaje—iluminación, ventilación, temperatura y niveles de ruido— desempeñan un papel determinante en los procesos de atención, concentración, memoria y bienestar psicofisiológico de estudiantes y docentes. La literatura científica internacional ha demostrado de forma consistente que ambientes físicos inadecuados incrementan la fatiga, reducen la capacidad cognitiva y afectan negativamente el desempeño académico (Ahmed & Ucci., 2017; Brink et al., 2023; Siqueira et al., 2017).

Desde una perspectiva pedagógica y ambiental, el bienestar en el aula ha sido identificado como un componente esencial para el aprendizaje efectivo y la calidad de la enseñanza. Investigaciones desarrolladas en contextos universitarios evidencian que la exposición prolongada a niveles elevados de ruido, iluminación deficiente o excesiva y ventilación insuficiente incide directamente en la disminución del rendimiento intelectual y en el aumento del estrés cognitivo (Wargocki & Wyon, 2016; Rabelo et al., 2016). Estos hallazgos refuerzan la necesidad de analizar el entorno físico como una variable estructural del proceso educativo y no únicamente como un elemento arquitectónico accesorio.

En el contexto de la educación superior en América Latina, y particularmente en el Caribe nicaragüense, las instituciones universitarias enfrentan limitaciones estructurales, económicas y de planificación que impactan la calidad ambiental de los espacios áulicos. En el caso específico de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), sede Bluefields, no se dispone de estudios técnicos sistemáticos que evalúen las condiciones ambientales de las aulas ni su relación con el desempeño académico de estudiantes y docentes. Esta ausencia de evidencia empírica dificulta la formulación de estrategias de mejora fundamentadas en datos objetivos y en estándares normativos (Vásquez Meza et al., 2025).

Diversos estudios regionales han abordado de manera parcial esta problemática. Se ha documentado que el ruido excesivo afecta la comunicación docente-estudiante y genera sobrecarga cognitiva (Gutiérrez Matus et al., 2020), que la iluminación inadecuada provoca fatiga visual y reduce el rendimiento académico (Balladares Galán et al., 2024 y Munive Álvarez, 2020), y que una ventilación deficiente favorece la acumulación de dióxido de carbono, con consecuencias directas sobre la salud, la concentración y la capacidad de respuesta cognitiva (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1999; Soler & Palau Ventilation Group, 2024). No obstante, la mayoría de estas investigaciones se han concentrado en niveles educativos iniciales o en contextos urbanos distintos al Caribe Sur, lo que evidencia un vacío de conocimiento en el ámbito universitario regional (Díaz Hernández et al., 2020).

En este marco, el presente estudio se justifica por la necesidad de generar evidencia técnica que permita comprender cómo las condiciones ambientales de los espacios áulicos de la BICU influyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El alcance de este trabajo reside en ofrecer insumos científicos para la toma de decisiones institucionales y en promover una visión de infraestructura educativa que reconozca la calidad ambiental del aula como un componente esencial del desempeño académico y del bienestar universitario.

Fundamentación teórica

El análisis de la relación entre el entorno físico y el rendimiento académico se sustenta en diversos enfoques teóricos provenientes de la psicología cognitiva, la ergonomía ambiental y la pedagogía. Uno de los marcos conceptuales más relevantes es la Teoría de la Carga Cognitiva, la cual postula que la capacidad de procesamiento de la memoria de trabajo es limitada y puede verse sobrecargada por estímulos ambientales inadecuados, como ruido excesivo, iluminación deficiente o condiciones térmicas desfavorables. Cuando el entorno físico introduce demandas adicionales innecesarias, se reduce la disponibilidad de recursos cognitivos para el aprendizaje significativo (Paas, Renkl, & Sweller, 2023).

Complementariamente, el modelo de activación o arousal explica que el rendimiento humano está asociado a un nivel óptimo de estimulación ambiental. De acuerdo con este enfoque, tanto la subestimulación (ambientes poco iluminados o con baja ventilación) como la sobreestimulación (ruido elevado, calor excesivo o deslumbramiento) provocan descensos en la atención, la motivación y la eficacia cognitiva. En contextos educativos, mantener condiciones ambientales dentro de rangos adecuados favorece estados de alerta óptimos y mejora el desempeño académico.

Desde la perspectiva del confort ambiental, se reconoce que la calidad del aire interior, el control acústico y la iluminación adecuada no solo influyen en el rendimiento intelectual, sino también en la salud física y emocional de los ocupantes. Estudios recientes sostienen que la exposición prolongada a ambientes mal ventilados incrementa la fatiga, la somnolencia y la disminución de la capacidad de concentración, mientras que un entorno acústica y térmicamente equilibrado contribuye a experiencias de aprendizaje más eficaces y sostenibles.

A partir de estos fundamentos teóricos, la presente investigación examina las condiciones ambientales en los espacios áulicos de la sede principal de la BICU, evaluando variables como la iluminación natural y artificial, el ruido y la ventilación mediante instrumentos estandarizados. Asimismo, se adopta un enfoque cuantitativo que integra la percepción de docentes y estudiantes, con el propósito de establecer vínculos entre el entorno físico del aula y el rendimiento académico, contrastando los resultados con la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Accesibilidad (NTON 12 006-04) y con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de localización del estudio

La investigación se desarrolló en la sede principal de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), ubicada en la ciudad de Bluefields, Región Autónoma de la Costa Caribe Sur de Nicaragua (RACCS), aproximadamente en las coordenadas 12° 0' 22.25" de latitud norte y 83° 46' 15.77" de longitud oeste. Bluefields, en su condición de municipio y cabecera regional, limita al norte con Kukra Hill, al sur con San Juan del Norte y El Castillo, al este con el mar Caribe y al oeste con los municipios de Nueva Guinea y El Rama, abarcando una superficie aproximada de 4,774.75 km².

La infraestructura física de la BICU se extiende sobre un área de 18,720 m² y alberga cinco áreas de formación académica, en las que se ofertan 26 programas universitarios (Plazaola-Morice et al., 2022). Las instalaciones comprenden aulas de clase, laboratorios

de química y microbiología, áreas administrativas, auditorios, un centro de atención telefónica (call center) y una biblioteca. La comunidad universitaria está conformada por aproximadamente 220 trabajadores administrativos, 50 colaboradores en funciones académicas y 235 docentes que imparten clases en diversas modalidades y turnos diurno, vespertino, nocturno, sabatino, dominical y encuentros especiales, atendiendo a una matrícula cercana a 1,700 estudiantes.

Tipo de estudio

La presente investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo, entendido como aquel que se apoya en la medición objetiva de variables y en el análisis estadístico para explicar fenómenos observables (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). De acuerdo con su nivel de alcance, el estudio es descriptivo y correlacional, ya que, en una primera instancia, caracteriza las condiciones ambientales existentes en las aulas de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU) y, posteriormente, analiza la relación entre dichas condiciones y el rendimiento académico percibido por estudiantes y docentes.

Asimismo, corresponde a un diseño no experimental y de corte transversal, dado que las variables se observan tal como ocurren en su contexto natural, sin manipulación deliberada, y los datos se recolectan en un único momento temporal.

El estudio de acuerdo con el enfoque filosófico es una investigación cuantitativa, porque analiza la relación de variables ambientales. El estudio consideró como variable independiente las condiciones ambientales del entorno áulico, evaluadas a partir de la iluminación natural y artificial, los niveles de ruido y la ventilación, utilizando indicadores objetivos como niveles de iluminación (lux), decibelios, temperatura y humedad relativa; mientras que la variable dependiente fue el rendimiento académico percibido, entendido como la valoración que realizan estudiantes y docentes sobre el efecto de dichas condiciones en su concentración, confort, atención y fatiga durante las actividades académicas. Asimismo, se incorporaron variables de control relacionadas con el turno académico, la ubicación del aula y el tipo de usuario, con el fin de contextualizar el análisis y reducir sesgos, permitiendo establecer relaciones descriptivas y correlacionales coherentes con el enfoque cuantitativo del estudio. El diseño utilizado es transversal, pues la recolección y análisis de la información se realiza en una única etapa temporal, proporcionando una visión precisa del contexto actual de las aulas en la institución.

La población objeto del estudio está compuesta por 1985 personas pertenecientes a la sede Bluefields de la BICU, incluyendo 1,700 estudiantes y 285 docentes. De estos últimos, 235 cuentan con asignaciones docentes y 50 desempeñan funciones administrativas académicas. Los estudiantes están distribuidos en diversas áreas y programas formativos, lo cual permite explorar cómo varía el impacto ambiental según el tipo de formación y el área del conocimiento. El diseño muestral es aleatorio estratificado, seleccionando una muestra representativa de aulas y participantes atendiendo a las distintas asignaturas y horarios existentes, lo que facilita un análisis integral de los ambientes educativos en la universidad.

Tabla 1.
Cálculo de la muestra en base a la población

Estrato	Población	Muestra	Módulos	Aulas	
				Total	Evalradas
Docente	285	105	Modulo 1 - Fachada principal	15	15
Estudiante	1,700	151	Modulo 2 - Canadá	10	10

Técnicas e instrumentos de la investigación

- a. **Mediciones ambientales:** Se recurrió al uso de equipos especializados para registrar variables como temperatura, humedad, niveles sonoros, iluminación y ventilación presentes en las aulas, permitiendo así una evaluación objetiva de las condiciones físicas.
- b. **Encuestas y entrevistas:** Se aplicaron cuestionarios a los estudiantes y se llevaron a cabo entrevistas con los docentes, con el propósito de obtener percepciones acerca de la influencia que ejercen los factores ambientales sobre su desempeño académico y niveles de concentración.
- c. **Observación no participativa:** Se efectuaron observaciones estructuradas tanto de la infraestructura de los espacios educativos como de las conductas de profesores y alumnos en relación con las condiciones ambientales, durante el trabajo de campo.

Diseño de la investigación para la recolección de datos

Con el objetivo de asegurar la precisión y consistencia de los resultados obtenidos, la recopilación de datos se realizó bajo un enfoque cuantitativo y descriptivo, combinando mediciones directas con la utilización de instrumentos estructurados.

La investigación se desarrolló a través de etapas metodológicas claramente definidas, orientadas a garantizar la rigurosidad, precisión y consistencia de los resultados obtenidos, conforme a los estándares exigidos para artículos científicos.

Primera etapa: planificación y diseño metodológico. En esta fase se realizó la delimitación del problema de investigación, la definición de las variables de estudio y la selección del enfoque cuantitativo y descriptivo. Asimismo, se identificaron los espacios áulicos a evaluar, se establecieron los criterios de selección de los participantes y se definieron las técnicas e instrumentos de recolección de datos. De manera paralela, se efectuó la revisión de la normativa nacional e internacional aplicable, particularmente la NTON 12 006-04 y las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

Segunda etapa: recolección de datos ambientales. En esta etapa se efectuaron mediciones directas en las aulas de la sede Bluefields de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). La evaluación de la iluminación se realizó mediante un luxómetro digital, registrando tanto la luz natural como la artificial en diferentes puntos y franjas horarias de los módulos analizados. Los niveles de ruido se midieron utilizando un sonómetro calibrado, considerando distintas jornadas y modalidades académicas, y contrastando los valores obtenidos con los límites establecidos por la OMS (1999) y la Ley N.º 559 de Delitos Ambientales.

Para la ventilación, se evaluó la presencia y disposición de fuentes de renovación de aire, complementando el análisis con registros de temperatura y humedad mediante un termo-

higrómetro digital, con el fin de valorar el confort térmico en relación con la ocupación de los espacios. Para asegurar una evaluación precisa de las condiciones ambientales en los espacios educativos, se emplearon herramientas especializadas aplicadas de manera sistemática en cinco posiciones dentro de cada aula (una en cada esquina y una en el centro), destinando cinco minutos de medición por cada ubicación.

El nivel de ruido se cuantificó utilizando un sonómetro MPP modelo B0BSVLHLQ4, permitiendo registrar la intensidad sonora en decibelios (dB), en concordancia con los requisitos de normativas tanto nacionales como internacionales para espacios de enseñanza.

La medición de la humedad relativa del aire se realizó con un higrómetro analógico Airguide, modelo Humidity Indicator, el cual facilitó la obtención de porcentajes de humedad interna en los ambientes evaluados. La temperatura se determinó a partir de registros obtenidos con un termómetro digital de la marca Winiers, permitiendo establecer los valores térmicos en grados Celsius (°C) en los diferentes puntos muestreados del aula.

Por último, la intensidad lumínica fue registrada mediante un luxómetro UNI-T modelo B0B8Z6V5VV, que proporcionó datos en lux (lx), equivalentes a lúmenes por metro cuadrado, abarcando tanto la luz natural como la artificial.

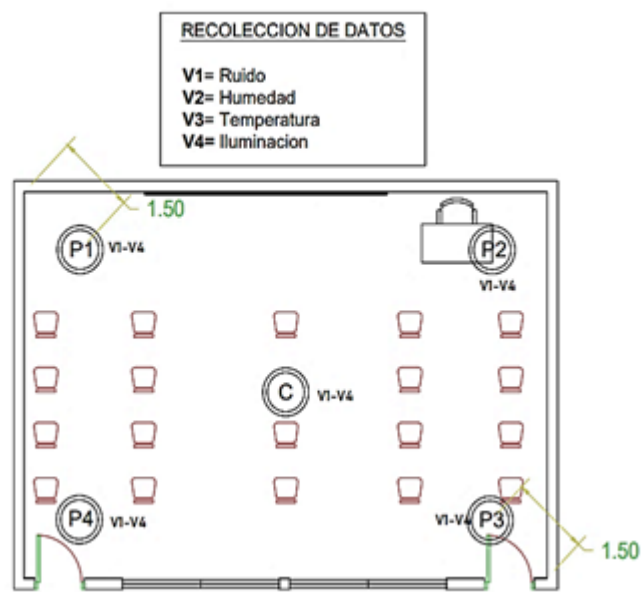
Tercera etapa: recolección de datos perceptuales. De forma complementaria a las mediciones ambientales, se aplicaron encuestas estructuradas a estudiantes y docentes que utilizaban las aulas evaluadas, con el propósito de conocer su percepción sobre las condiciones del entorno áulico y su influencia en la concentración, el confort y el rendimiento académico. Asimismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas a docentes seleccionados, orientadas a profundizar en las estrategias adoptadas frente a las limitaciones ambientales identificadas en el aula.

Cuarta etapa: sistematización y análisis de la información. Una vez concluida la recolección de datos, la información obtenida fue organizada y tabulada en bases de datos para su posterior análisis estadístico. Se aplicaron procedimientos descriptivos y correlacionales que permitieron interpretar de manera objetiva la relación entre las condiciones ambientales de las aulas y el rendimiento académico percibido. Los resultados fueron analizados a la luz del marco teórico y contrastados con la normativa vigente y la literatura científica especializada.

Quinta etapa: interpretación y elaboración del informe final. En la etapa final se integraron los hallazgos cuantitativos y perceptuales, se discutieron los resultados en función de estudios previos y se elaboraron las conclusiones del estudio, destacando las implicaciones de las condiciones ambientales en la calidad educativa de la BICU, sede Bluefields. Esta fase permitió consolidar los aportes del estudio para la toma de decisiones institucionales y la mejora de la infraestructura educativa. Estas técnicas permitieron recolectar información estandarizada y detallada sobre los principales parámetros ambientales relevantes para el análisis del confort en los espacios escolares examinados.

La información fue procesada y analizada mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics (versión 27). Para el análisis de las relaciones entre variables se aplicaron pruebas de correlación, considerando como criterios de significación estadística valores de $p < 0.05$ y $p < 0.01$, lo que permitió identificar asociaciones estadísticamente significativas entre las condiciones ambientales evaluadas y el rendimiento académico percibido.

Figura 1.
Diagrama de los puntos de medición de las variables ambientales en los espacios áulicos



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2, evidencia diferencias significativas en los niveles de iluminación entre los espacios educativos evaluados en la sede Bluefields de la BICU, específicamente entre el módulo 1, ubicado en la fachada principal, y el módulo 2, localizado en el área conocida como Canadá. Los resultados muestran que el módulo 1 presenta valores de iluminación considerablemente superiores (mediana: 609.09 lux; desviación estándar: ± 819.76) en comparación con el módulo 2 (mediana: 266.60 lux; desviación estándar: ± 357.27), lo que pone de manifiesto una alta variabilidad lumínica asociada a la orientación arquitectónica y al diseño constructivo de los espacios. Esta diferencia se mantiene a lo largo de los distintos turnos académicos, lo que confirma que la distribución de la luz natural y artificial constituye un factor estructural del entorno áulico.

Desde una perspectiva teórica, estos hallazgos pueden interpretarse a la luz de la teoría de la carga cognitiva, la cual sostiene que estímulos ambientales excesivos o inadecuados generan una sobrecarga en la memoria de trabajo, reduciendo la disponibilidad de recursos cognitivos para el aprendizaje significativo. En el caso del módulo 1, la exposición a niveles elevados de iluminación natural, producto de la radiación solar directa, provoca deslumbramiento y aumento de la temperatura interna, condiciones que incrementan la demanda cognitiva extrínseca y afectan negativamente la atención y la concentración durante las actividades académicas. Esta interpretación coincide con lo señalado por Balladares Galán et al. (2024), quienes advierten que tanto la iluminación insuficiente como la excesiva pueden generar fatiga visual y deterioro del rendimiento académico.

Asimismo, desde el modelo de activación o arousal, el exceso de luz observado en el módulo 1 puede interpretarse como un factor de sobreestimulación ambiental. De acuerdo con este enfoque, niveles elevados de estimulación sensorial desplazan al individuo fuera del rango óptimo de activación, generando incomodidad, distracción y disminución del desempeño cognitivo. Los testimonios de estudiantes y docentes sobre la necesidad

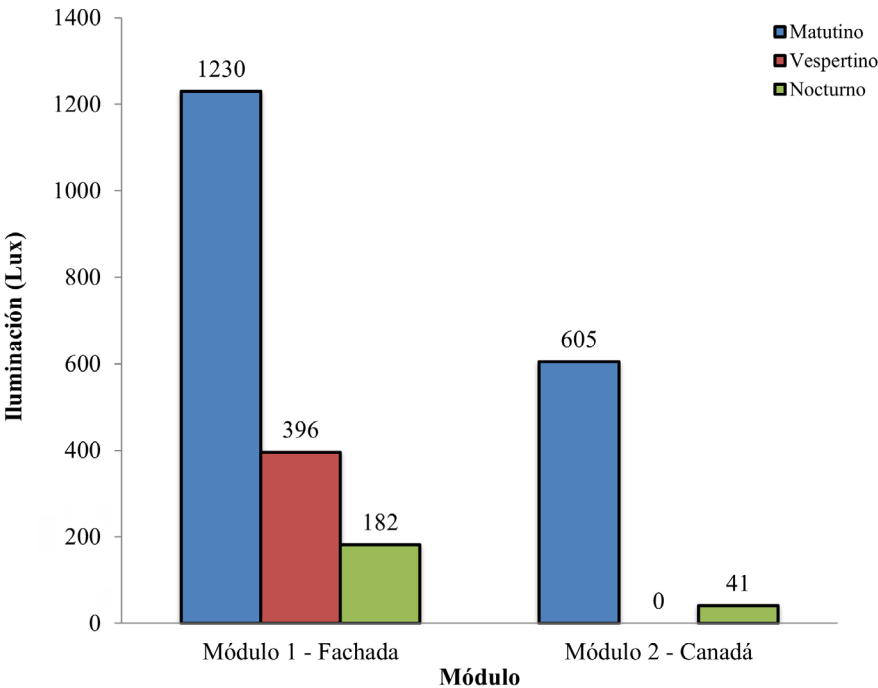
de reubicar el mobiliario para evitar el deslumbramiento refuerzan esta interpretación, evidenciando una respuesta adaptativa frente a un entorno que no favorece condiciones óptimas de aprendizaje.

En contraste, el módulo 2 presenta niveles de iluminación significativamente inferiores a los valores mínimos establecidos por la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Accesibilidad (NTON 12 006-04), que recomienda al menos 700 lux para aulas de enseñanza. Esta deficiencia lumínica constituye un factor de subestimulación ambiental que, desde el mismo modelo de activación, puede conducir a estados de baja alerta, somnolencia y reducción de la atención sostenida. La situación resulta especialmente crítica para estudiantes con discapacidad visual o con mayores demandas visuales, quienes requieren condiciones adecuadas de iluminación para participar activamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje (BICU, 2019).

La problemática lumínica del módulo 2 se ve intensificada por su uso continuo en múltiples turnos y modalidades académicas, lo que expone a una población heterogénea, con rangos etarios amplios, a condiciones visuales persistentemente inadecuadas. Desde el enfoque del confort ambiental, la permanencia prolongada en espacios con iluminación deficiente no solo afecta el rendimiento académico, sino que también incrementa la fatiga visual y el malestar general, comprometiendo el bienestar integral de los usuarios.

En conjunto, los resultados evidencian que tanto el exceso como la insuficiencia de iluminación constituyen factores ambientales críticos que inciden negativamente en la calidad del aprendizaje. La distribución desigual de la luz natural y artificial en los espacios evaluados pone de relieve la necesidad de intervenciones arquitectónicas y técnicas orientadas a regular la iluminación, optimizar el control solar y garantizar niveles lumínicos adecuados, con el fin de crear entornos educativos que favorezcan la atención, el confort y el rendimiento académico en la BICU.

Figura 2.
Iluminación (Lux) en cada módulo de BICU, sede Bluefields en función del turno evaluado

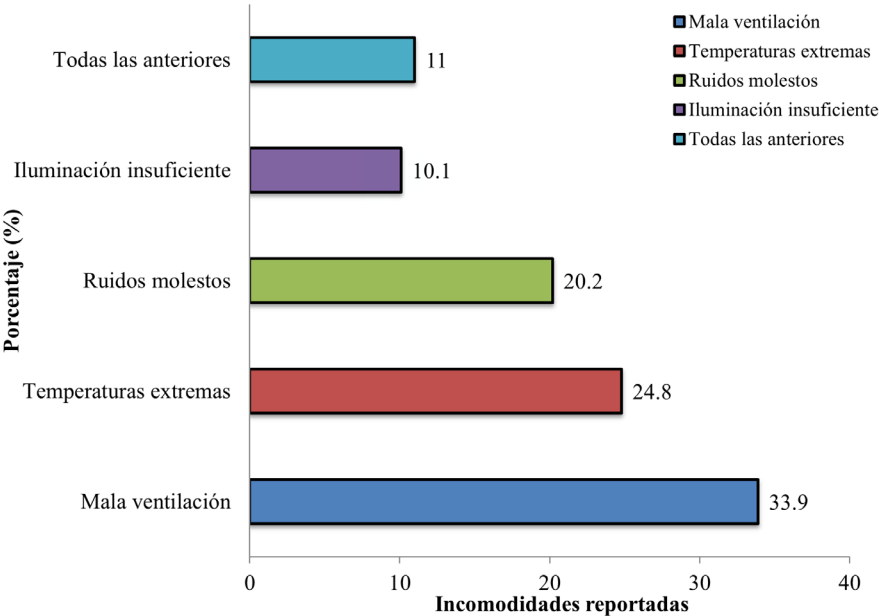


La Figura 3, sintetiza las molestias más frecuentemente reportadas en las aulas de la BICU, poniendo en primer plano la deficiencia en la ventilación, mencionada por el 33.9% de los participantes. Le siguen las temperaturas extremas con un 24.8% y el ruido excesivo con un 20.2%. En tanto, el 10.1% señaló problemas derivados de una iluminación insuficiente, y un 11% manifestó sufrir todas estas dificultades de manera simultánea. Estos datos subrayan la importancia de optimizar las condiciones ambientales en la infraestructura educativa de la universidad; una ventilación inadecuada no solo incomoda térmicamente, sino que puede afectar la concentración, el bienestar y favorecer la acumulación de dióxido de carbono, así como la propagación de agentes patógenos, impactando la salud y desempeño académico de quienes ocupan el aula (Vásquez Meza et al., 2025).

Las temperaturas extremas, como segunda mayor problemática identificada, juegan un papel relevante en el confort térmico de los espacios de aprendizaje. Según Obydenkova, & Salahodjaev, (2017), valores fuera del rango óptimo alteran parámetros fisiológicos como la presión arterial y la frecuencia cardíaca, además de repercutir en la capacidad intelectual del alumnado. Así mismo, estudios previos (Vasconcelos Rabelo et al., 2016), han evidenciado que el exceso de ruido incrementa el estrés, dificulta la comunicación y exige a los docentes elevar la voz, mientras que la atención de los estudiantes disminuye. La iluminación precaria, aunque menos señalada, también repercute en el confort visual y el rendimiento. La normativa nacional (NTON12 006-04, 2004) exige al menos 700 lux en ambientes de enseñanza para asegurar la calidad visual requerida; el incumplimiento de este parámetro se traduce en fatiga ocular y menor capacidad para interactuar con el material educativo.

El hecho de que el 11% de los encuestados experimente todas las incomodidades simultáneamente evidencian la necesidad de implementar acciones integrales en la infraestructura de la BICU, priorizando mejoras en la ventilación, ajustes en los sistemas de control térmico y acústico, así como soluciones que promuevan una adecuada iluminación, para así garantizar entornos verdaderamente propicios para el aprendizaje y la docencia.

Figura 3.
Principales incomodidades ambientales percibidas por estudiantes y docentes en los espacios áulicos



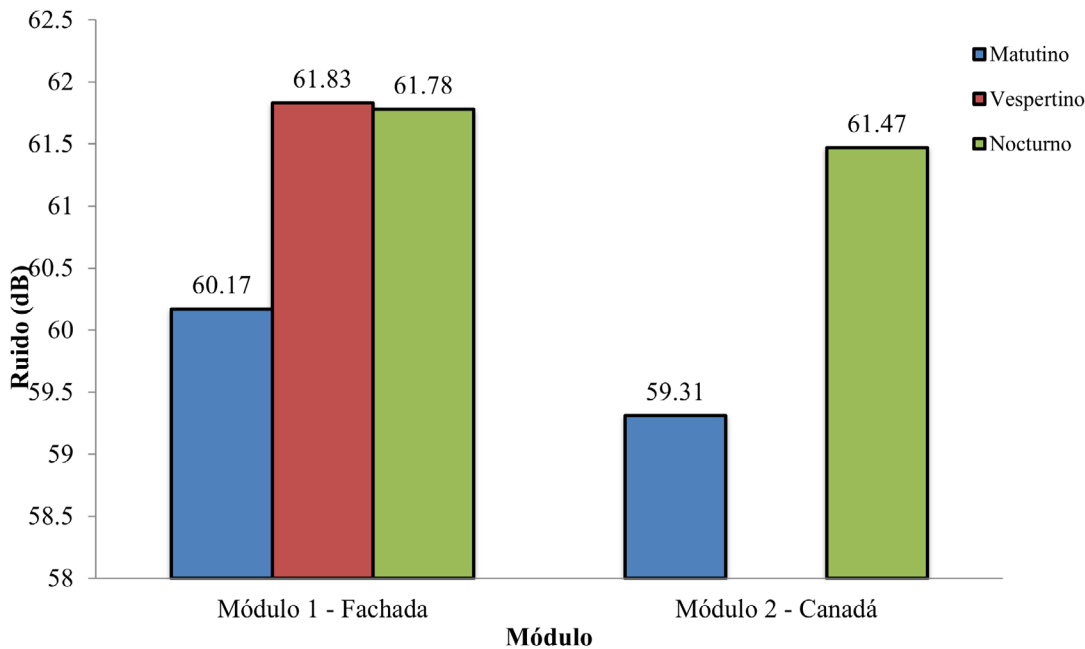
Las mediciones reflejadas en la figura 4 demuestran que el ruido en los espacios de aula de la BICU supera ampliamente los parámetros seguros, alcanzando una media de 61.83 dB con una desviación estándar de ± 6.51 dB, cifra que rebasa el máximo permitido de 35 dB para ambientes escolares según la Ley N° 559 (2005). Especialmente en el módulo 1, situado en la fachada, se detectan niveles sonoros mayores al estándar, impactando negativamente el ambiente acústico y obstaculizando la comunicación entre profesores y alumnos.

Esta situación se alinea con las recomendaciones de la OMS (1999), la cual señala que superar los 35 dB en aulas afecta la atención y el proceso de aprendizaje del estudiantado. Los módulos de BICU evaluados presentan registros que llegan hasta los 61.83 dB, generando un riesgo para la salud y dificultando un rendimiento académico óptimo. Estudios anteriores destacan que exposiciones superiores a 80 dB pueden derivar en problemas como estrés, fatiga mental, alteraciones de la memoria de trabajo y disminución de la capacidad de concentración (Vasconcelos Rabelo et al., 2016).

El ruido excesivo afecta no solo la interacción y el foco mental, sino que también puede provocar consecuencias negativas como pérdida paulatina de la audición, hipertensión, estrés crónico, aparición de acúfenos (zumbidos en los oídos), y una mayor frecuencia de errores y bajas en la calidad de las intervenciones estudiantiles, repercutiendo directamente en el desempeño académico (Gutiérrez Matus et al., 2020). Los datos evidencian que, aunque el módulo 2 (Canadá) reporta valores algo menores, estos aún exceden los límites recomendados para ambientes educativos, lo que indica la urgencia de aplicar medidas correctivas.

Investigaciones previas sugieren que para mitigar este problema se pueden utilizar materiales absorbentes de sonido, limitar el tráfico vehicular próximo a los recintos escolares y reorganizar el mobiliario en las aulas, opciones que pueden contribuir a la reducción del ruido ambiental (Ahmed & Ucci., 2017).

Figura 4.
Comparación de los niveles de presión sonora (dB) en los módulos evaluados según turno

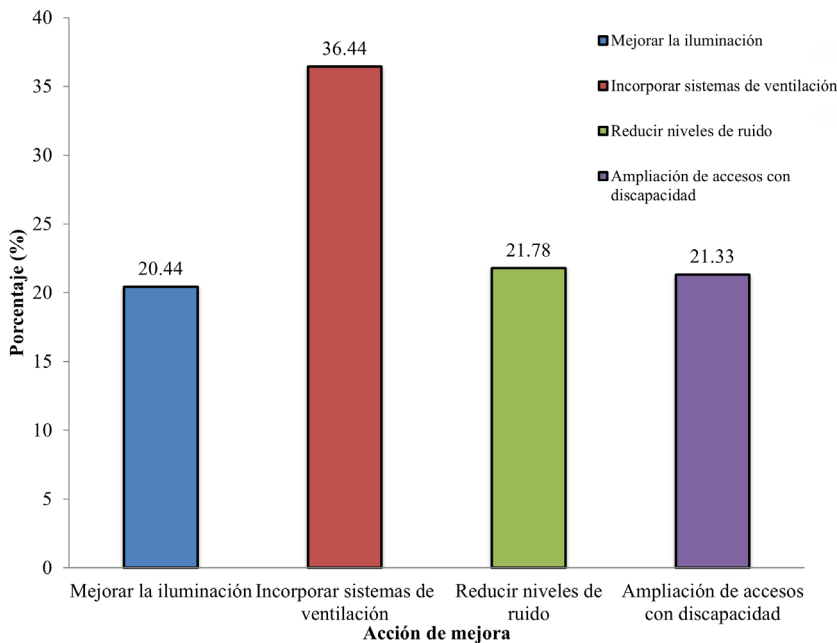


La información recogida en la Figura 5, revela las áreas de intervención prioritarias señaladas por la comunidad universitaria en BICU para incrementar el confort en las aulas. La necesidad más destacada, citada por el 36.44% de los encuestados, es la incorporación de sistemas que faciliten una mejor ventilación, lo que indica que la mayoría de los espacios educativos presentan problemas de circulación de aire. Esta carencia, además de derivar en molestias térmicas, impacta negativamente en la salud y el desempeño académico tanto de estudiantes como de docentes, ya que la acumulación de dióxido de carbono (CO₂) puede desencadenar síntomas como somnolencia, fatiga y dificultades en la concentración (Soler & Palau Ventilation Group, 2024). Investigaciones previas evidencian que concentraciones altas de CO₂ afectan las funciones cognitivas, en particular el razonamiento crítico y la resolución de problemas. Por el contrario, una ventilación adecuada permite una mejor oxigenación, favoreciendo la concentración y el estado de alerta durante actividades académicas.

La comunidad universitaria expresó que, más allá de las condiciones de ventilación, existen otras prioridades que requieren atención para fortalecer el entorno educativo. Uno de los aspectos con mayor incidencia señalada fue la reducción de los niveles de ruido (21.78%), pues el exceso de contaminación acústica afecta la concentración, obstaculiza la comunicación efectiva entre docentes y estudiantes y genera un clima de estrés constante dentro del aula. Asimismo, se manifestó la necesidad de mejorar los accesos para personas con discapacidad (21.33%), evidenciando que la inclusión sigue siendo un desafío en varios espacios de la universidad, especialmente para quienes enfrentan dificultades de movilidad. Finalmente, aunque en menor proporción, persiste la demanda de optimizar la iluminación (20.44%), dado que la insuficiencia lumínica continúa afectando la lectura, el desempeño visual y la comodidad académica, particularmente durante las jornadas nocturnas.

Estos resultados ponen de manifiesto la relevancia de integrar mejoras en ventilación, control acústico, accesibilidad e iluminación para garantizar un entorno propicio para el aprendizaje en BICU.

Figura 5.
Incomodidades ambientales reportadas por la comunidad universitaria



La información de la Figura 6, pone de manifiesto una desigualdad significativa en la cantidad y distribución de fuentes de ventilación en los distintos módulos de BICU. En el módulo 1, especialmente durante el turno vespertino, se observa que algunas aulas cuentan con un número aceptable de mecanismos para la circulación de aire, mientras que otras presentan una notoria escasez, generando condiciones dispares para la comunidad educativa. Por el contrario, el módulo 2 muestra menos variabilidad en las fuentes de ventilación, aunque en general los valores siguen siendo insuficientes para asegurar una correcta renovación del aire, sobre todo en horarios donde la ocupación es alta.

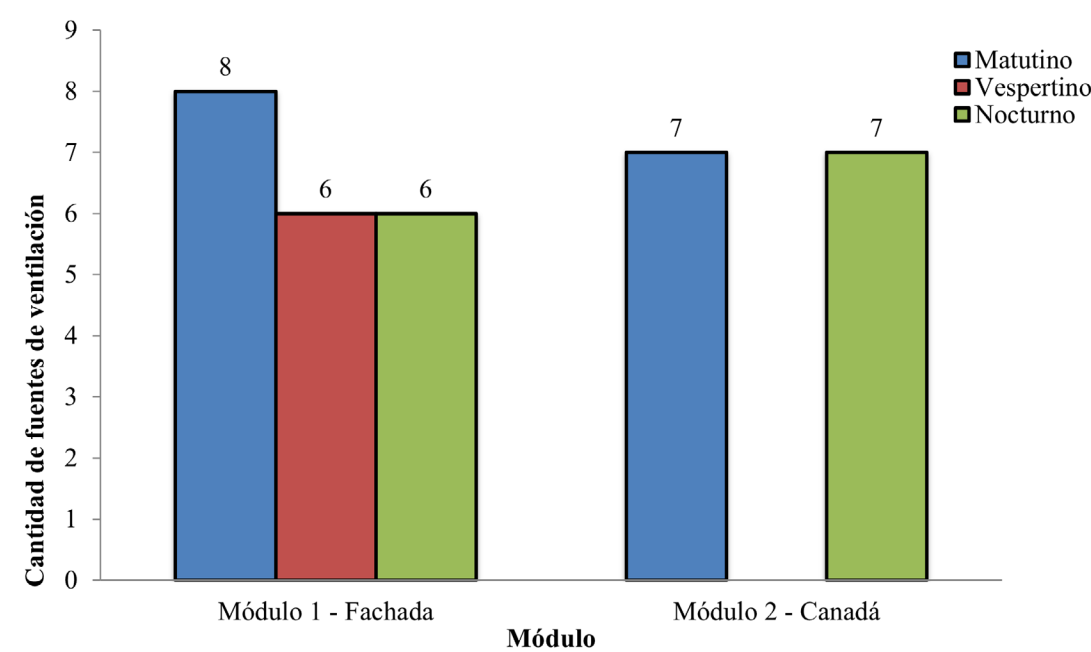
La carencia de ventilación adecuada afecta directamente el confort y el rendimiento de los alumnos y docentes, ya que la acumulación de CO₂ en espacios cerrados y mal ventilados puede ocasionar fatiga, somnolencia y complicaciones en la retención de información (Soler & Palau Ventilation Group). A medida que aumentan los niveles de dióxido de carbono por la ausencia de aire fresco, se intensifican los síntomas de agotamiento y baja oxigenación, dificultando la concentración y el procesamiento eficiente de la información, particularmente en clases de larga duración y alta concurrencia.

Desde el punto de vista de la salud, la insuficiencia de ventilación favorece la dispersión de enfermedades respiratorias, agravando el riesgo en ambientes universitarios donde la cercanía entre personas es constante. Un flujo de aire insuficiente propicia la transmisión de virus y bacterias, elevando el ausentismo y afectando la continuidad académica. Además, el incremento de temperatura por la falta de ventilación agrava el malestar térmico, generando un ambiente poco apto para la enseñanza y repercutiendo en el bienestar físico y emocional del alumnado y el cuerpo docente.

Ante estos hallazgos, se destaca la necesidad de implementar acciones que permitan mejorar la ventilación en los espacios académicos de BICU. Es fundamental no solo instalar nuevos sistemas, sino asegurar una distribución equitativa y adaptada a las necesidades de cada aula, incorporando estrategias pasivas como la adecuada orientación de ventanas y la maximización del aprovechamiento del aire natural, junto con soluciones mecánicas para climas adversos.

A nivel institucional, es importante establecer mecanismos de monitoreo continuo de la calidad del aire dentro de las aulas, utilizando dispositivos que permitan medir los niveles de CO₂ y la temperatura para identificar los puntos críticos y priorizar intervenciones. El mantenimiento preventivo de los sistemas existentes resulta esencial para la mejora del entorno educativo. En definitiva, la ventilación debe considerarse un componente prioritario para el bienestar y el éxito académico, siendo una inversión en la salud y en la promoción de ambientes de aprendizaje favorables para estudiantes y docentes.

Figura 6.
Distribución de las fuentes de ventilación en los módulos evaluados según turno



El estudio de la tabla 2 confirma cómo la interacción entre factores ambientales puede incidir en el confort y el rendimiento dentro del entorno académico de BICU. Específicamente, se observa una conexión positiva apreciable entre la temperatura y el número de fuentes de ventilación ($r = 0.524$, $p = 0.001$); mayor cantidad de sistemas de ventilación se asocia con mejor control térmico en las aulas, validando investigaciones previas que señalan la importancia de la ventilación para disminuir el calor y mejorar el bienestar de los ocupantes. No obstante, no se halló una correlación significativa entre la temperatura y los distintos tipos de ventilación, lo que indica que la eficacia depende más de la cantidad que de la modalidad específica.

Otra relación destacada es la fuerte correlación entre el número de fuentes de iluminación y las fuentes de ventilación ($r = 0.762$, $p = 0.000$): los espacios mejor iluminados suelen estar provistos de más medios para ventilar, probablemente como resultado de diseños arquitectónicos que priorizan ventanas multiuso. Igualmente, existe una correlación relevante entre la cantidad de fuentes de iluminación y los métodos de ventilación empleados en las aulas ($r = 0.601$, $p = 0.000$), lo que sugiere un enfoque conjunto en el diseño de la infraestructura universitaria.

En el caso de la temperatura, también se detecta una correlación positiva moderada con el número de fuentes de iluminación ($r = 0.362$, $p = 0.028$); es decir, más sistemas de luz pueden conducir a aumentos en la temperatura interna, lo que implica la necesidad de equilibrar la luminosidad natural con el confort térmico.

Por otro lado, los niveles de ruido no presentan correlaciones relevantes con ninguna de las variables ambientales estudiadas, indicando que su presencia obedece principalmente a factores externos, como el tráfico o la ubicación de las aulas respecto a zonas de tránsito intenso, y que los sistemas de ventilación o iluminación no tienen un impacto directo sobre la contaminación acústica.

En conjunto, estos resultados subrayan la importancia de una intervención estratégica

e integral en la infraestructura educativa de BICU: mejorar los sistemas de ventilación para controlar la temperatura, evitar que la luz natural en exceso incremente el calor en las aulas y abordar el problema del ruido con soluciones específicas como materiales acústicos y acomodamientos arquitectónicos. Estas acciones son fundamentales no solo para mejorar el confort, sino para fortalecer las condiciones de aprendizaje y enseñanza en el ámbito universitario.

Tabla 2.
Correlaciones entre factores ambientales en los espacios áulicos de BICU

Factores		Temperatura (° C)	Ruido (dB)	Cantidad de fuentes de iluminación	Cantidad de fuentes de ventilación	Tipos de ventilación
Temperatura (° C)	R²	1	0.150	0.362*	0.524**	0.240
	Sig.		0.375	0.028	0.001	0.153
Ruido (dB)	R²			-0.010	0.008	-0.027
	Sig.			0.954	0.961	0.874
Cantidad de fuentes de iluminación	R²				0.762**	0.601**
	Sig.				0.000	0.000
Cantidad de fuentes de ventilación	R²					0.677**
	Sig.					0.000
Tipos de ventilación	R²					
	Sig.					
*. La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral).						
**. La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).						

CONCLUSIONES

El análisis realizado en esta investigación demuestra que las características ambientales de las aulas en la BICU influyen de manera considerable en el rendimiento académico tanto de estudiantes como de docentes. Las carencias en la iluminación, la ventilación y los niveles elevados de ruido generan ambientes poco adecuados para el aprendizaje, disminuyendo la concentración, la interacción y el bienestar en los espacios educativos.

Respecto a la iluminación, se identificaron diferencias importantes entre módulos: en el módulo 1 hay un exceso de luz natural que incomoda y eleva la temperatura, mientras que en el módulo 2 las mediciones de luz artificial son insuficientes, incumpliendo los requisitos mínimos definidos por la NTON 12 006-04. Estas deficiencias no solo perjudican la comodidad visual y la percepción de los materiales, sino que también ocasionan fatiga ocular, evidenciando la necesidad de ajustar y regular la iluminación en las aulas.

En lo referente al ruido, los resultados muestran que la mayoría de los espacios analizados superan ampliamente los valores establecidos por la Ley Nº. 559 (2005) y la OMS (1999), alcanzando niveles de hasta 61.83 dB en aulas donde el límite recomendado es 35 dB. El ruido excesivo complica la comunicación, limita la comprensión de los contenidos y contribuye a un clima de estrés perjudicial para el aprendizaje.

En cuanto a la ventilación, se observó que varios espacios carecen de suficientes vías para

renovar el aire, dando lugar a acumulaciones de dióxido de carbono, que en ambientes de alta ocupación inducen fatiga, somnolencia y dificultan la retención de información. Estos hallazgos resaltan la importancia de asegurar sistemas de ventilación adecuados que favorezcan la salud y el confort en el aula.

Se concluye que la insuficiencia de iluminación, la presencia excesiva de ruido y la mala circulación de aire comprometen seriamente la calidad del proceso educativo en la BICU. Es urgente implementar soluciones como la mejora y regulación de la luz, la utilización de materiales acústicos que absorban el ruido y el fortalecimiento de mecanismos de ventilación para asegurar un entorno favorable para la educación. Estas mejoras no solo potenciarán el rendimiento académico, sino que también tendrán efectos positivos sobre la salud y el bienestar integral de la comunidad universitaria.

De acuerdo con el análisis, la hipótesis de investigación se confirma: los factores ambientales en las aulas estudiadas afectan negativamente la productividad estudiantil y la eficacia pedagógica del personal docente. Se evidenció que aulas con deficiencias en iluminación sufren de fatiga visual y dificultades para la lectura de materiales, niveles de ruido superiores a estándares internacionales dificultan la concentración y las dinámicas de clase, y la acumulación de CO₂ derivada de mala ventilación conlleva fatiga y falta de atención. Así, la investigación corrobora las implicaciones de estos factores y subraya la urgencia de realizar cambios en el diseño y la infraestructura de los espacios educativos de la BICU para mejorar la calidad académica y el ambiente universitario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, A., Mumovic, D., & Ucci, M. (2017). The effect of indoor temperature and CO₂ levels on cognitive performance of adult females in a university building in Saudi Arabia. *Building and Environment*, 122, 126–136. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.004>
- Balladares Galán, A., González, M. F., & Pérez, C. A. (2024). Iluminación natural y artificial en aulas educativas: Implicaciones en la salud visual y el aprendizaje. *Revista de Ambientes Educativos*, 22(1), 33–49.
- BICU. (2019). Política institucional de inclusión y atención a estudiantes con discapacidad. Bluefields Indian & Caribbean University. <https://www.bicu.edu.ni/assets/pdf/repositorio/polt2.pdf>
- Brink, H. W., Lechner, M., Loomans, M. G. L. C., Mobach, M. P., & Kort, H. S. M. (2023). Environmental conditions in higher education classrooms and their effects on learning and teaching: A review. *Building and Environment*, 235, 110236. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110236>
- Díaz Hernández, R., López Hernández, J., & Morales Pérez, A. (2020). Condiciones ambientales del aula y su impacto en el rendimiento académico. *Revista Educación y Ambiente*, 14(2), 45–60.
- Gutiérrez Matus, W. G., Díaz Hernández, D. M., Ruíz Acevedo, T. V., & Flores-Pacheco, J. A. (2020). Evaluación de la contaminación acústica en dos centros de educación inicial en la ciudad de Bluefields. *Nexo Revista Científica*, 33(2), 795–807. <https://doi.org/10.5377/nexo.v33i02.10810>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Organización Mundial de la Salud. (1999). Guidelines for community noise. World Health Organization. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf

- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1
- Plazaola-Morice, J. Á., Quesada Berra, I., Ruíz Flores, C. E., Allen Chávez, A. D., & Oporta Medrano, R. N. (2022). Evaluaciones electrocardiográficas del personal de la Bluefields Indian & Caribbean University. *Wani*, 77. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14986>
- Munive Álvarez, J. M. (2020). Calidad de la iluminación en las aulas de clase en una Institución de Educación Superior. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 8(1), 192–201. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3409>
- Rabelo, L. C., Cury, A. A., & Batista, J. (2016). Indoor environmental comfort and teachers' well-being in higher education classrooms. *Journal of Environmental Psychology*, 47, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2016.04.004>
- Siqueira, C. A., Gomes, A. P., & Ferreira, M. (2017). Thermal comfort and academic performance in university classrooms. *Energy and Buildings*, 152, 657–666. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.054>
- Obydenkova, A. v., & Salahodjaev, R. (2017). Climate change policies: The role of democracy and social cognitive capital. *Environmental Research*, 157, 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.009>
- Soler & Palau Ventilation Group. (2024). Manual técnico de ventilación en centros educativos. S&P Sistemas de Ventilación. <https://www.solerpalau.com>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Vásquez Meza, L., Romero Chávez, P., & Méndez Taylor, R. (2025). Confort térmico en aulas universitarias del Caribe Sur: Revisión técnica y normativa. *Revista de Ingeniería y Medio Ambiente*, 9(1), 60–78. <https://doi.org/10.1016/j.rima.2025.03.006>
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2016). Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment*, 112, 359–366. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.020>