XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Diagnóstico ambiental pós- ocupação em espaços educativos: qualidade ambiental e habitabilidade higrotérmica

Diagnóstico ambiental postocupacional en espacios educativos: calidad ambiental y habitabilidad higrotérmica

Post-occupational environmental diagnosis in educational spaces: environmental quality and hygrothermal habitability

7. Conforto ergonômico e qualidade ambiental / *7. Confort ergonómico y calidad ambiental / 7. Ergonomic comfort and environmental quality*

Urias-Barrera, Hiram
Doutor em ciências, Secretaria de Ciência, Humanidades, Tecnologia e Inovação/Universidade de Guadalajara, Guadalajara, México, hiram.urias@secihti.mx

Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação pós-ocupação em espaços educativos de um centro universitário da Universidade de Guadalajara, para determinar se se encontravam em condições ambientais inadequadas. Foi realizada uma investigação não experimental, transversal e descritiva/quantitativa para determinação dos períodos de estudo e comparação dos dados coletados. Os resultados mostraram que as condições de temperatura e umidade relativa nas salas de aula ficaram fora das faixas toleráveis entre 60% e 70% do tempo monitorado, enquanto as concentrações de CO2 que ultrapassaram os valores permitidos ficaram em torno de 60% do tempo; Prospectivamente, este trabalho serve de base para estabelecer diretrizes para melhorias nos espaços educacionais e promove esse tipo de diagnóstico como ferramenta fundamental para apoiar aspectos de saúde, educação-aprendizagem e design.

Palavras-chave: Habitabilidade. Qualidade ambiental. avaliação pós- ocupação. Espaço educativo.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico post-ocupacional en espacios educativos de un centro universitario de la universidad de Guadalajara, para determinar si estaban en condiciones ambientales inadecuadas. Se realizó una investigación no experimental, de tipo transversal y descriptiva/cuantitativa para determinar periodos de estudio y comparación de los datos recabados, como resultados se visualizó que las condiciones de temperatura y humedad relativa en las aulas se encuentran fuera de los rangos tolerables entre 60% y 70% del tiempo monitoreado, mientras que las concentraciones de CO2 que sobrepasaban los valores permitidos rondó en un 60% del tiempo; prospectivamente, este trabajo sirve como base para establecer lineamientos de mejoras en los espacios educativos y fomenta este tipo de diagnósticos como herramienta fundamental para apoyar los aspectos de la salud, la educación-aprendizaje y el diseño.

Palabras clave: Habitabilidad. Calidad ambiental. Diagnóstico post-ocupacional. Espacio educativo.

Abstract

The objective of this work was to carry out a post-occupational diagnosis in educational spaces of a university center of the University of Guadalajara, to determine if they were in inadequate environmental conditions. A non-experimental, cross-sectional and descriptive/quantitative investigation was carried out to determine study periods and comparison of the data collected. The results showed that the temperature and relative humidity conditions in the classrooms were outside the tolerable ranges between 60% and 70% of the time monitored, while the CO2 concentrations that exceeded the permitted values were around 60% of the time; Prospectively, this work serves as a basis for establishing guidelines for improvements in educational spaces and promotes this type of diagnosis as a fundamental tool to support aspects of health, education-learning and design.

Keywords: Habitability. Environmental quality. Post-occupational diagnosis. Educational space.

Introducción

La calidad del ambiente interior es crucial para la salud como para el desarrollo de las actividades educativas; ya que abarca la calidad del aire y el confort higrotérmico, los cuales influyen significativamente en la forma en que las personas interactúan con su entorno. Comprender el impacto de estas condiciones ambientales es vital para fomentar entornos de aprendizaje saludables y propicios en los entornos educativos (Allen, et.al. 2015). Lamentablemente, muchos edificios educativos no proporcionan condiciones interiores adecuadas, lo que puede obstaculizar los procesos de aprendizaje y enseñanza (Grün et.al. 2015). Por lo tanto, Las caracteristicas de los espacios educativos pueden tornarlos inhabitables y generar cambios perjudiciales en el entorno que afectan negativamente los resultados del aprendizaje (ANSI-ASHRAE, 2013; Allen et.al. 2016; Cao et.al. 2022; Gaihre et.el. 2014; Carazo et.al. 2013; Keeble, 2016).

Por tal motivo, una parte fundamental en este tipo de investigaciones es identificar áreas de mejora en los espacios educativos bajo una evaluación exhaustiva de las condiciones existentes del mismo, como son las características formales y espaciales, pero también las condiciones bioclimáticas y de calidad de aire de estos, con lo que se puede comenzar a establecer la pertinencia de los diagnósticos postocupacionales (Cerda, 2019). Al realizar este tipo de diagnósticos, se pretende analizar áreas que requieren atención, y permitir la recopilación de datos para proponer intervenciones específicas que aborden las causas fundamentales de las deficiencias ambientales.

En consecuencia, evaluar el ambiente de los espacios educativos es crucial para describir las condiciones del ambiente; al no contar con condiciones higrotérmicas y de calidad del aire adecuadas, puede afectar significativamente la salud y el rendimiento académico de los estudiantes (Maddalena et al. 2015; Grün et.al. 2015). En este sentido, estudios generados han puntualizado que una exposición a concentraciones altas de CO_2 afecta la eficiencia en las personas, al obstruir en la capacidad de procesamiento de información, toma de decisiones y el razonamiento matemático (Bloch-Salisbury et.al., 2003; Cao et.al., 2022; Fothergill et.al., 1991; Laurent, 2021). Por otro lado, las condiciones higrotérmicas afectan a los procesos cognitivos, pues provocan malestar y reducción de la concentración, lo que dificulta que los estudiantes se concentren en las tareas de aprendizaje (Keeble, 2016; Gallego et.al. 2022; Soberane-López et.al. 2023). Asimismo, mejorar el entorno de aprendizaje a través de intervenciones específicas implica implementar diagnósticos y descripción de las condiciones ambientales para conocer, evaluar y posibilitar la mejora de la habitabilidad ambiental en los

espacios educativos mediante la estimación cuantitativa de las variables que se analizan (Gallego et.al. 2022; Cerda, 2019). Con lo anterior se posibilitará la generación de recomendaciones para la creación de aulas que sean más cómodos y propicios para el aprendizaje, lo que favorece mejores resultados educativos.

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue conocer a través de un diagnóstico descriptivo, las condiciones de habitabilidad térmica y de calidad de aire de los espacios educativos de un Centro Universitario de la Universidad de Guadalajara.

Materiales y métodos

Se establece un tipo de investigación no experimental, que se caracteriza por observar el fenómeno dentro del contexto ambiental; además el trabajo se alineó a lo estipulado en estudios de confort térmico y medición de variables meteorológicas/ambientales, como un estudio de campo del tipo transversal: se seleccionaron días representativos de cada mes y se establece un enfoque descriptivo (Tamayo, 2014), con lo cual caracterizamos el contexto del espacio para comparar las condiciones de las variables climáticas, calidad de aire con las condiciones óptimas de habitabilidad.

Caso de estudio

El trabajo se desarrolló en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD), se encuentra situado en San Miguel de Huentitán, una localidad conurbada al norte-noreste del área metropolitana de la ciudad de Guadalajara, México; Los edificios donde se llevaron a cabo los monitoreos, el proyecto consta de dos alas curvas encontradas, al norte y otra al sur; por otro lado, el conjunto se corona con una torre administrativa de 9 niveles donde se encuentran coordinaciones, departamentos y cubículos administrativos.

Se seleccionó una muestra de los tipos diferentes aulas y talleres, se analizaron las características de estos espacios seleccionados. El mobiliario utilizado en las aulas está conformado por butacas con paleta o mesa y sillas. Se seleccionaron 9 aulas tipo (tabla 1), que representan las características de la totalidad de los espacios (110 salones) donde se imparten las clases en el CU.

Tabla 1: Características de los espacios educativos analizados.

Aulas	Ventanas		Puerta	Ventilación mecánica	orientación
	Frente	Trasera			
9	3 corredizas superiores opacas 1.2m de altura Pared de 6 paneles 2.1m, opacos 1 sobre la puerta 1.2m altura estática protección tipo louver	Sin ventana	Solida con ventanilla estática	Ventilador	norte - sur
18	3 corredizas superiores opacas 1.2m de altura	3 corredizas superiores opacas 1m de altura	Solida con ventanilla estática	No	norte - sur
33	1 sobre la puerta 1.2m altura estática		Solida con ventanilla estática		
58	2 corredizas superiores opacas 1.2m de altura	2 corredizas superiores 1.2m de altura	Solida con ventanilla estática	A/C	norte - sur
70	1 corrediza	2 corredizas 50 cm de altura	Solida con ventanilla estática	No	norte - sur
81	2 estáticas 1m de altura	4 superiores estáticas 70cm	Solida con ventanilla estática	No	norte - sur
53 a	1 sobre la puerta 1.2m altura, estática	4 superiores estáticas 70cm	Solida con ventanilla estática	No	norte - sur
2t	2 estáticas	Sin ventana	Tres ventanas opacas	Ventilador	este - oeste
14t	Pared de 6 paneles 2.1m, opacos	Sin ventana	Tres ventanas opacas	Ventilador	este - oeste

Fuente: Autor (2025, p. 6).

Indicadores ambientales, instrumentación y análisis de datos

Las variables seleccionadas para el trabajo presentado fueron: Temperatura de Bulbo Seco (TBS) y Humedad Relativa (HR) además de dióxido de carbono (CO_2 ppm); esto determinado en estudios similares desarrollados (Gallego et.al. 2022; Soberane-López et.al. 2023, ANSI-ASHRAE 2017). Se utilizaron registradores ambientales Onset HoBo y equipos ExTech de monitoreo de calidad de aire interior, cuyas las características se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Instrumentos de recolección de datos.

Instrumento	Características
Onset HoBo MX2301A	• Temperatura precisión de ± 0.25 ° C de -40 a 0 °C y ± 0.2 °C de 0 a 70 °C con rango de medición de -40 a 70 °C. • Humedad relativa ± 2.5% del 10% al 90% (típico), máximo de ± 3.5%, error típico de 5% en rangos mayores de 90 % y menores de 10 %.

ExTech CO240	• Escala de medición de 0 a 9999 ppm; resolución de ± (75 ppm + 5% de la lectura) 0 a 2 000 ppm; temperatura de operación de 0 a 50 °C con resolución de 0.1.

Fuente: Autor (2025, p. 7).

La selección y la operación del equipo utilizado para la recolección de los datos, se realizó con base en la ISO 7726 (2002) y la ANSI/ASHRAE 55 (2017), respectivamente, lo que permite clasificar a la base de datos obtenida como clase I de acuerdo con Brager y de Dear (2002). Con respecto al desarrollo de los diagnósticos y análisis de los datos, se utilizaron métodos descriptivos cuantitativos, para realizar comparativas con los niveles recomendados tanto en estudios previos como normas internacionales. Los muestreos se realizaron en lapsos de 60 minutos de 8 a 9 veces por día; los periodos de muestreo se llevaron a cabo durante 15 días a finales de cada mes analizado.

Resultados

Los resultados que se obtuvieron la evaluar y monitorear los espacios educativos se presentan a continuación en dos apartados, los cuales muestran las variables monitoreadas en la investigación

a) Concentraciones de CO2

Los valores de calidad de aire, determinadas por las concentraciones de CO_2 en el ambiente interior, en los periodos analizados se visualizan en la tabla 3. En los meses de mayo y agosto la cantidad de CO_2 en los espacios disminuye, debido a que es el cierre y apertura de los ciclos escolares; se observan valores medios de 500 a 600 ppm de dióxido de carbono; los valores máximos encontrados van de 720 a 1498ppm.

Por otro lado, los meses monitoreados con peor calidad del ambiente interior fueron los periodos de noviembre, diciembre, enero, y febrero donde se obtuvieron lecturas máximas de 2767 en enero, y la mínima de 789ppm. Este periodo analizado corresponde con temporada fría. Por el contrario, los periodos de septiembre, marzo y abril, se tiene un lapso de transición estacional (periodo frío a templado-cálido, y comienzo de la época de lluvias en la región); los valores máximos de CO_2 encontrados en las aulas fueron de 1475ppm, pero con medias que rondaban entre los 450 a 600 ppm.

Tabla 3: Concentraciones máximas de CO_2 en los espacios educativos.

valores máximos medidos de CO2

Aulas	mayo-agosto	septiembre	octubre	noviembre	Enero	febrero	marzo	abril
9	945	841	1291	1367	1638	1686	1470	964
18	888	846	1502	1053	1501	1470	971	559
33	845	880	1501	781	2767	1489	972	618
53A	897	964	855	1928	1227	1661	1269	818
58	1004	991	1577	1784	2199	2138	2006	1224
70	720	929	1036	896	1402	964	815	710
81	770	909	1004	822	1222	905	1229	615
2T	1498	1475	1770	1073	1493	1821	1569	1264
14T	1119	723	1362	814	1505	1890	1856	1341

Fuente: Autor (2025, p. 9).

b) Condiciones higrotérmicas de los espacios educativos

Las condiciones higrotérmicas variaron en relación con las fluctuaciones estacionales de la región; se tienen valores las variables meteorológicas analizadas (temperatura de bulbo seco y humedad relativa) de cada uno de los meses (tabla 4). En el caso de los periodos donde la temperatura alcanzó niveles críticos en el espacio interior, fueron abril y mayo, alcanzando temperaturas medias entre los 27°C y 29°C; pero con máximas registradas de 32°C. Por otro lado, la humedad en estos mismos periodos disminuyo a mínimos de 15% a 31%.

Los meses de agosto, septiembre, octubre y diciembre las condiciones higrotérmicas mejoraron en cuanto a la variable térmica; esto se refleja en las medias de temperaturas interiores monitoreadas que variaban entre 21°C a 25°C; con máximas registradas en horarios de mayor ocupación de 27°C; por otro lado, la humedad relativa alcanzó niveles que oscilaban entre el 51% a 68% en espacios interiores (meses de agosto a octubre), mientras que en el periodo de noviembre, se tuvieron valores registrados de 42% a 48%.

Otro periodo que se visualiza crítico fue enero dónde se tomaron valores medios de temperatura de 19°C, alcanzando mínimos de 17°C en los periodos de ocupación de los espacios; mientras que se alcanzaron temperaturas máximas de 24°C de media en las aulas analizadas; en contra parte, la humedad relativa de este mes osciló entre los 35% y los 45%. Asimismo, en los meses de febrero y marzo, la condición higrotérmica fue más favorable, puesto que se tuvieron temperaturas interiores medias entre los 21°C y 25°C, esto con temperaturas máximas de 26.5°C en las aulas; y, por otro lado, la humedad relativa rondaba los entre los 26% a los 40%, con valores máximos alcanzados de 48%.

En diciembre, junio y julio no se monitorearon, por coincidir con el periodo vacacional de invierno y verano, por lo cual la ocupación de las aulas era nula y no se tenía estudiantes utilizando los espacios.

Tabla 4: Concentraciones máximas de CO_2 en los espacios educativos.

	mayo		agosto		septiembre		octubre		noviembre		enero		febrero		marzo		abril	
Aula	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)
9	26.9	28	23.7	66	23.6	62	22.7	58	22.2	48	19.8	44	21.9	40	23.4	31	24.9	25
18	27.8	29	23.2	67	23.7	61	22.7	57	21.8	47	19.2	41	21.5	36	23.9	28	26.4	20
33	28	28	23.4	66	23.4	61	22.5	57	21.5	48	19.1	42	21.6	37	23.8	28	26.8	21
53a	28.9	28	24.2	63	24.1	59	23.1	54	22.3	45	19.7	39	22.3	35	24.5	27	26.4	20
58	27	31	23.7	66	24.5	59	23.7	54	23	46	20.6	40	22.9	37	25.1	28	26.9	23
70	27	31	22.8	67	23.3	61	22.8	56	22.3	45	20.8	37	23	34	24.3	27	26.4	20
81	28.4	28	24.6	61	24.8	56	23.5	51	23.5	42	21.4	35	23.4	33	25.2	26	26.7	19
2t	27.6	28	24.5	64	25.1	57	24.8	52	24.2	43	21.7	39	24.1	36	24.1	35	25.4	23
14t	28.1	29	23.4	64	24.2	57	23.7	52	22.2	45	19.7	38	22.3	35	23.9	28	27	23

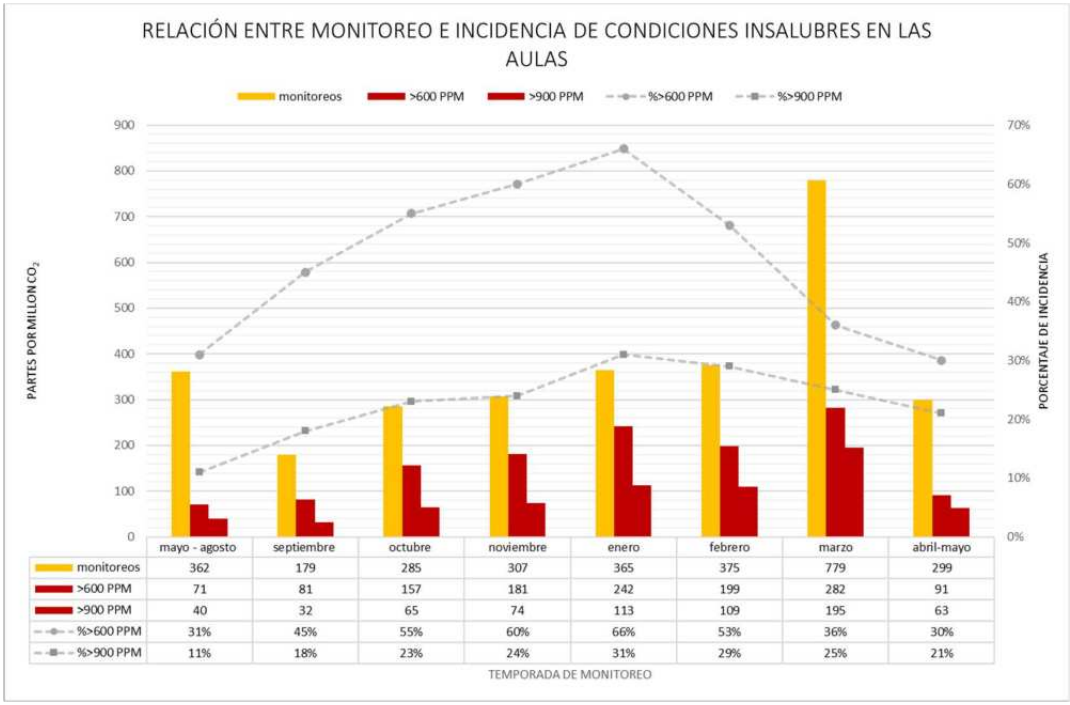
Fuente: Autor (2025, p. 10).

Discusión

Estudios realizados consensan que un ambiente saludable que no afecte los aspectos cognitivos de los estudiantes el CO_2 debe encontrarse por debajo de los 600 ppm, mientras que otros autores manejan los 900 ppm; (Allen, 2016; Gallego et.al. 2022). Por otro lado, si se toma en cuenta lo estipulado por la Organización Mundial de la Salud (2015) además de la ASHRAE 55 (2017), se menciona que, en todo espacio educativo, para generar condiciones óptimas higrotérmica, se debe de tener una Humedad Relativa entre 30% y 50% con rangos de Temperatura entre 20°C y 26°C. En este sentido, al observar los resultados del monitoreo, existieron periodos donde estos rangos fueron sobrepasados en valores muy por encima de lo estipulado.

En cuanto a las concentraciones de CO_2 de las aulas, se observaron condiciones de mala calidad interior del aire, al tomar en cuenta que existieron incidencias entre 50% a 66% de valores por encima de los 600 ppm en el tiempo monitoreado de octubre a febrero; en contraste, los meses de marzo, abril, mayo, agosto y septiembre la cantidad de tiempo con incidencias mayores a 600ppm disminuyó al 30 a 45% del tiempo.

Figura 1: Concentraciones de CO_2 en los espacios educativos.



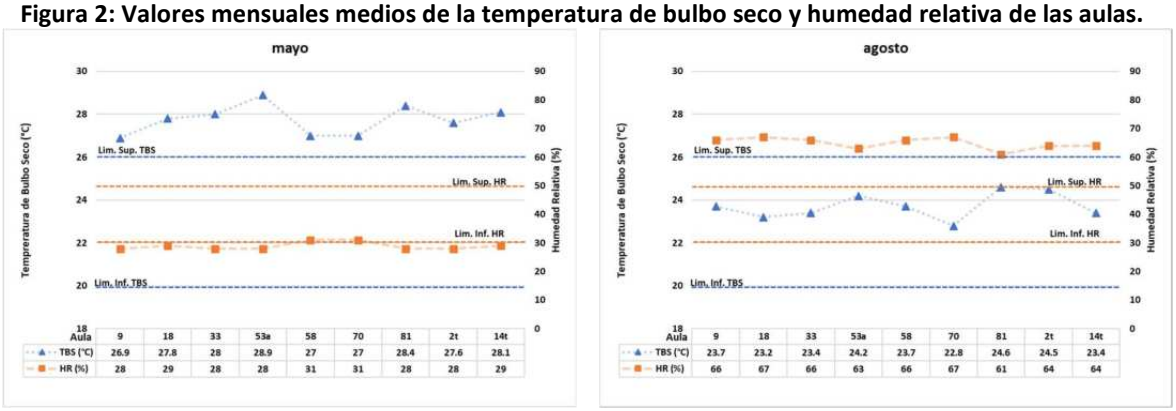
	mayo - agosto	septiembre	octubre	noviembre	enero	febrero	marzo	abril-mayo
monitoreos	362	179	285	307	365	375	779	299
>600 PPM	71	81	157	181	242	199	282	91
>900 PPM	40	32	65	74	113	109	195	63
%>600 PPM	31%	45%	55%	60%	66%	53%	36%	30%
%>900 PPM	11%	18%	23%	24%	31%	29%	25%	21%

Fuente: Autor (2025, p. 11).

Los tiempos de monitoreo con valores de CO_2 donde las concentraciones superiores a las 900 ppm, oscilan entre el 11 al 31% del tiempo, esto enmarca a la mayoría de las aulas analizadas con condiciones de inhabitabilidad; al afectar, como lo menciona Allen (2016) el rendimiento cognitivo, específicamente la concentración, procesamiento de información y razonamiento.

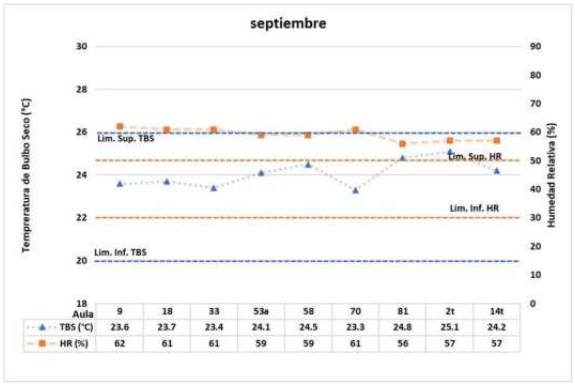
En contraparte, la condición higrotérmica de los espacios se diferenció en cada uno de los meses; en este caso, se visualizan tres periodos donde se pueden observar características de temperatura de bulbo seco y humedad relativa contrastantes.

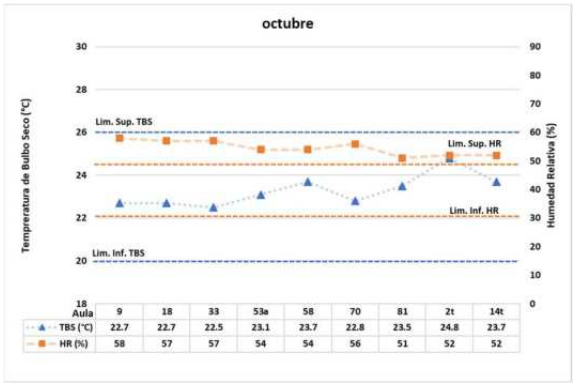
Figura 2: Valores mensuales medios de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa de las aulas.

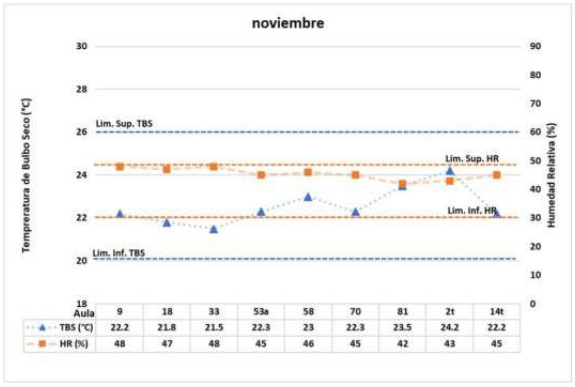


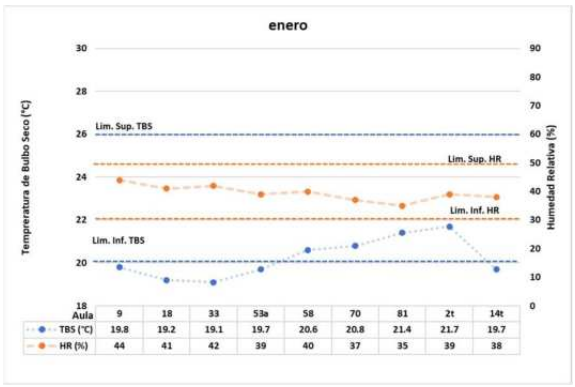
Aula	9	18	33	53a	58	70	81	2t	14t
TBS (°C)	26.9	27.8	28	28.9	27	27	28.4	27.6	28.1
HR (%)	28	29	28	28	31	31	28	28	29

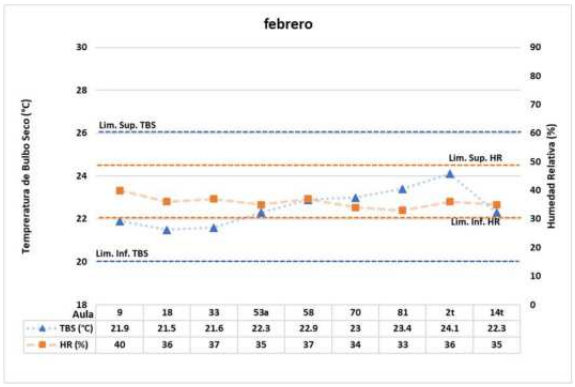
Aula	9	18	33	53a	58	70	81	2t	14t
TBS (°C)	23.7	23.2	23.4	24.2	23.7	22.8	24.6	24.5	23.4
HR (%)	66	67	66	63	66	67	61	64	64

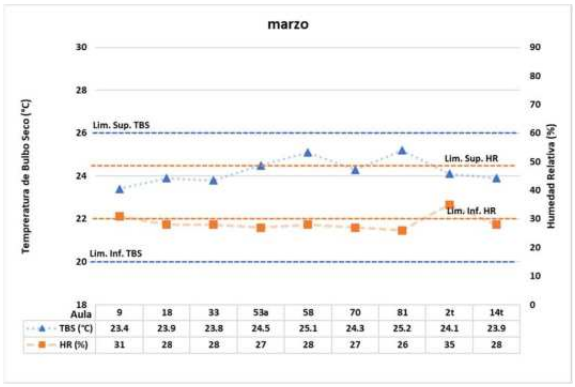


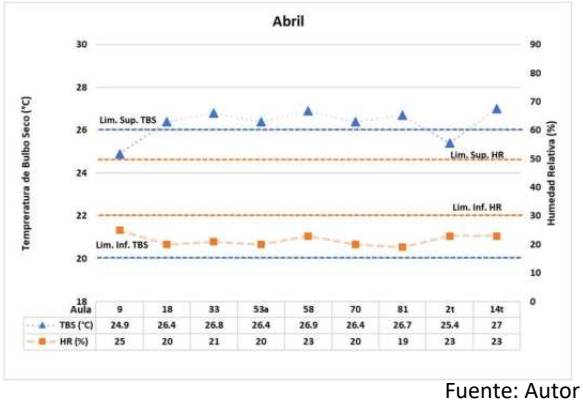












Fuente: Autor (2025, p. 13).

De los meses monitoreados, tenemos que por temperatura interior, siete de estos (agosto, septiembre, octubre, noviembre, febrero y marzo) se encuentran dentro del rango determinadas por la OMS (2015) como adecuadas, mientras que tres meses analizados (enero, abril y mayo) los datos obtenidos están fuera de este rango confortable, lo que corresponde a un total de 30% del tiempo bajo condiciones térmicas inadecuadas; en este sentido, es importante recalcar que las temperaturas graficadas son las medias del periodo analizado, y que los valores máximos alcanzados en el tiempo de mayor ocupación fueron de 32°C en los meses de abril y mayo, mientras que la temperatura mínima extrema en interior registrada fue de 18 °C, en enero y dentro del horario de uso de estos espacios.

Por otro lado, en cuanto a la humedad relativa, se tiene un periodo que va de marzo, abril y mayo, con valores que bajan del mínimo establecido por la OMS (2015), con valores por debajo de los 30% de HR, con mínimos de 19%; a su vez, los meses de agosto, septiembre y octubre, se establecen con valores que superan los 50% de HR, alcanzando máximos de 68%. Esto nos indica un 60% de incidencia de condiciones de humedad fuera de los rangos aceptables, lo que puede afectar los procesos de sensación térmica y la incomodidad en el espacio.

Conclusiones

En el estudio, se pudo observar que la mayoría de los espacios educativos analizados, no contaban con condiciones de calidad ambiental adecuadas; las concentraciones de CO_2 en las aulas llegó en algunos casos, a tener valores superiores a los 2500 ppm; esto esta muy por encima de los 600 ppm que se puntualizaron en algunos estudios (Allen, 2016) o las 900 ppm que se establece en normativas europeas (Gallegos et.al. 2022).

Este problema se tiene, por un lado, por la configuración de las aberturas de ventilación, que en algunos de los espacios educativos analizados no son eficientes; en segundo lugar, el número creciente de alumnos que utilizan las aulas y, por último, las acciones reactivas de los usuarios de los espacios educativos que no promueven la ventilación de los mismos al no abrir o permitir los procesos de ventilación natural, concordante con lo descrito por Mendell, et.al. (2013), en temporadas frías que es cuando mayor porcentaje de tiempo se encuentran cerradas las ventanas por las bajas temperaturas.

Al establecer los procesos de sensación higrotérmica se puede determinar que en el tiempo de uso de los espacios educativos analizados se encuentran posiblemente en condiciones de

disconfort higrotérmico; los meses de agosto a noviembre y febrero a marzo son los que cuentan con mejores condiciones de temperatura, donde las medias quedan en los rangos establecidos por la OMS. El problema resalta en los meses de abril, mayo donde tenemos aumento de la temperatura exterior en Guadalajara, que antecede a la época de lluvia, donde se alcanzan temperaturas medias máximas de 35°C. Por otro lado, el mes de enero, la situación se invirtió y las temperaturas medias monitoreadas bajaron del rango mínimo aceptado; en la cuestión de la humedad relativa, los valores descienden a mínimos de 19% mientras que, en meses de abril y mayo se mantienen entre 20% y 28%; caso contrario, los meses de agosto, septiembre y octubre sobrepasan el límite máximo establecido, esto correspondiente a la época de lluvia en la región, lo que posibilita la alteración de las condiciones de confort térmico.

En conclusión, la situación del ambiente en las aulas educativas analizadas tiene una mala calidad de aire interior durante el 60% del tiempo de uso aproximadamente. Por otro lado, si conjugamos las condiciones límites de temperatura y humedad relativa adecuada, tenemos que un 60 a 70% del tiempo no son adecuadas para el desarrollo de las actividades; estas condiciones determinan, según lo analizado, características de inhabitabilidad ambiental y posibilitan que estudiantes y docentes vean afectados los procesos cognitivos, de razonamiento y procesamiento de información tanto por la mala calidad de aire (Allen, 2016; Maddalena et.al. 2015), como las condiciones de disconfort higrotérmico. A manera prospectiva, este trabajo sirvió como base para abrir la línea de diagnóstico postocupacional en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño; pero también se prevé necesario realizar más trabajos similares del confort térmico y la calidad del aire en una muestra más amplia de los diferentes Centros Universitarios y escuelas de la región, con la finalidad de tener mayores datos y generar un diagnóstico más preciso y resultados más robustos.

Agradecimientos

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación por su apoyo y programa que impulso el desarrollo de esta investigación; a la Universidad de Guadalajara por colaborar con los espacios e infraestructura para el Trabajo; al Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables, por su aporte de equipos de monitoreo y muy especialmente a los alumnos que apoyaron con su tiempo y esfuerzo en el monitoreo de las aulas seleccionadas.

Referencias bibliográficas

Allen, J. G., MacNaughton, P., Laurent, J.G., Flanigan, S.S., Eitland, E.S., Spengler, J.D. “Green buildings and health”. Current Environmental Health Reports 2(3), july 2015, 250–258. https://link.springer.com/article/10.1007/s40572-015-0063-y

Allen, J. G., MacNaughton, P., Satish, U., Santanam, S., Vallarino, J., & Spengler, J.D. “Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: A controlled exposure study of green and conventional office environments”. Environ. Health Perspect, 124, october 2016, 805–812. https://doi.org/10.1289/ehp.1510037

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 2025. “Guide to Occupational Exposure Values”. Cincinnati, OH ACGIH, january 2025.

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, A. S. H. R. A. E. “ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2013. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality In”. Atlanta: ASHRAE, 2013.

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, A. S. H. R. A. E. “ANSI/ASHRAE Standard 55-2017 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy”. In. Atlanta: ASHRAE, 2017.

Brager, S. and de Dear, R. “Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55”. Energy and Buildings, 34, 6, July 2002, 549-561

Berenguer Subils, M., & Bernal Domínguez, F. “NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior”. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 9, junio 2000, https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074

Bloch-Salisbury, E., Lansing R., & Shea, S.A. “Acute changes in carbon dioxide levels alter the electroencephalogram without affecting cognitive function”. Psychophysiology 37(4), march 2003, 418–426. https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/1469-8986.3740418

Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F.J., & Rodríguez Portal, J.A. “Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria”. Archivos de Bronconeumologia, 49 (1), january 2013, 22-27. https://doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005

Cao, X., Li, P., Zhang, J., & Pang, L. “Associations of Human Cognitive Abilities with Elevated Carbon Dioxide Concentrations in an Enclosed Chamber”. Atmospher, 13(6), april 2022, 891. https://doi.org/10.3390/atmos13060891

Cerda, V. “Evaluación post ocupacional, condiciones ambientales de un layout de cocina y su envolvente constructivo, sierra gorda, norte de Chile”. Mayo 2018, 738-749. 10.5151/eneac2018-053.

Fothergill, D., & Hedges, D., & Morrison, J. “Effects of CO2 and N2 partial pressures on cognitive and psychomotor performance”. Undersea biomedical research.(18), january 1991,1-19

Gaihre, S., Semple, S., Miller, J., Fielding, S. & Turner, S. “Classroom carbon dioxide concentration, school atten dance and educational attainment”. Journal of School Health, septemeber 2014, 84, 569-574. https://doi.org/10.1111/josh.12183

Gallego Sánchez-Torija, J., Arranz, B. ., Oteiza, I. ., Alonso, C., & Martín-Consuegra, F. “Evaluación del confort térmico y la calidad de aire en centros docentes públicos en Madrid. Estudio de tres casos durante un año”. Informes De La Construcción, 74(567), julio-septiembre 2022, e456. https://doi.org/10.3989/ic.87607

Grün, G., & Urlaub, S. “Impact of the indoor environment on learning in schools in Europe”. Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP 2(5), december 2015, 5.

Keeble, D. R. “Effective Primary Teaching Practice Teaching schools Council”. London: Teaching Schools Council, 2016.

Laurent, J. G. C., MacNaughton, P., Jones, E., Young, A.S., Bliss, M., Flanigan, S., Vallarino, J., Chen, L.J., Cao, X. & Allen, J.G. “Associations between Acute Exposures to PM2.5 and Carbon Dioxide Indoors and Cognitive Function in Office Workers: A Multicountry Longitudinal Prospective Observational Study”. Environmental Research Letters, september 2021, https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1bd8

Maddalena R, Mendell MJ, Eliseeva K, Chan WR, Sullivan DP, Russell M. “Effects of ventilation rate per person and per floor area on perceived air quality, sick building syndrome symptoms, and decision-making”. Indoor Air 25(4), august 2015, 362-370. https://doi.org/10.1111/ina.12149.

Mendell, M.J., Eliseeva, E.A., Davies, M.M., Spears, M., Lobscheid, A., Fisk, W.J. & Apte, M.G. “Association of classroom ventilation with reduced illness absence: a prospective study in California elementary schools”. Indoor Air 23, march 2013, 515-528. https://doi.org/10.1111/ina.12042

Organización Mundial de la Salud. “Ambiente escolar. Políticas y estado actual”, Copenhague, 2015.

Soberane-López, M., Jímenez-López, V. & Bojórquez-Morales, G. “Condiciones de habitabilidad ambiental en un espacio educativo”. Temas Antropológicos. 45-5. Diciembre diciembre 2023, 25-43.

Tamayo, M. “El proceso de la investigación científica”, México: Limusa, 2014.