

REVISIÓN

Biophilic Architecture: A Holistic Approach to Healthy and Sustainable Spaces

Arquitectura Biofílica: Un Enfoque Integral para Espacios Saludables y Sostenibles

Ruth Glenia Afaraya Tacanahui¹  , Juan Alberto Almirón Cuentas¹  , David Hugo Bernedo Moreira¹  

¹Universidad Peruana Unión. Perú.

Citar como: Afaraya Tacanahui RG, Almirón Cuentas JA, Bernedo-Moreira DH. Biophilic Architecture: A Holistic Approach to Healthy and Sustainable Spaces. Environmental Research and Ecotoxicity. 2024; 3:102. <https://doi.org/10.56294/ere2024102>

Recibido: 17-05-2023

Revisado: 28-09-2023

Aceptado: 10-02-2024

Publicado: 11-02-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Ruth Glenia Afaraya Tacanahui 

ABSTRACT

Introduction: the article addresses biophilic architecture as a design approach that seeks to improve human well-being in built spaces through the integration of natural elements.

Objective: to analyze and synthesize the relationship between biophilic architecture and human well-being in built spaces, highlighting the importance of incorporating natural elements to promote better quality of life and user comfort.

Method: the methodology used in the article is a narrative review that analyzes the intellectual production on biophilic architecture from academic papers. International indexes such as ScienceDirect, Web Of Science and Scopus were searched using keywords related to biophilic architecture and its design. This methodology seeks to describe and qualitatively compare the findings of different relevant studies in the field.

Results: the results of the article highlight that the integration of natural elements has a positive impact on the emotional, cognitive and physiological well-being of users. Several studies reviewed demonstrate that biophilic architecture can reduce anxiety, improve cognitive performance and promote relaxation. Key features and findings from experimental studies validating these benefits were also presented.

Conclusions: biophilic architecture is presented as a valuable approach that fuses nature with architectural design to improve human well-being. The authors emphasize that by incorporating natural elements into built spaces, the health and comfort of occupants can be improved. They also stress the need for further research and development of best practices in this field to maximize its impact, while also addressing challenges related to maintenance and additional costs.

Keywords: Architecture; Biophilic Architecture; Healthy Spaces; Sustainable Spaces.

RESUMEN

Introducción: el artículo aborda la arquitectura biofílica como un enfoque de diseño que busca mejorar el bienestar humano en los espacios construidos mediante la integración de elementos naturales.

Objetivo: principal del artículo es analizar y sintetizar la relación entre la arquitectura biofílica y el bienestar humano en los espacios construidos, destacando la importancia de incorporar elementos naturales para fomentar una mejor calidad de vida y el confort de los usuarios.

Método: la metodología utilizada en el artículo es una revisión narrativa que analiza la producción intelectual sobre la arquitectura biofílica a partir de documentos académicos. Se realizaron búsquedas en índices internacionales como ScienceDirect, Web Of Science y Scopus, utilizando palabras clave relacionadas con la arquitectura biofílica y su diseño. Esta metodología busca describir y comparar cualitativamente los hallazgos de distintos estudios relevantes en el campo.

Resultados: los resultados del artículo destacan que la integración de elementos naturales tiene un impacto

positivo en el bienestar emocional, cognitivo y fisiológico de los usuarios. Varios estudios revisados demuestran que la arquitectura biofílica puede reducir la ansiedad, mejorar el rendimiento cognitivo y promover la relajación. También se presentaron características y hallazgos clave de estudios experimentales que validan estos beneficios.

Conclusiones: la arquitectura biofílica se presenta como un enfoque valioso que fusiona la naturaleza con el diseño arquitectónico para mejorar el bienestar humano. Los autores enfatizan que, mediante la incorporación de elementos naturales en los espacios construidos, se puede mejorar la salud y el confort de los ocupantes. También se subraya la necesidad de continuar investigando y desarrollando mejores prácticas en este campo para maximizar su impacto, abordando además los desafíos relacionados con el mantenimiento y los costos adicionales.

Palabras clave: Arquitectura; Arquitectura Biofílica; Espacios Saludables; Espacios Sostenibles.

INTRODUCCIÓN

La arquitectura biofílica es un enfoque de diseño que busca imitar la naturaleza para mejorar el bienestar humano en los espacios construidos. Se basa en la idea de que el amor por la naturaleza se puede expresar a través de las características físicas a través de un edificio.⁽¹⁾ Este enfoque de diseño reconoce la conexión innata que las personas tienen con la naturaleza y busca incorporar elementos naturales como luz solar, corrientes de aire, plantas y representaciones del entorno natural en el diseño arquitectónico. Estudios han demostrado que la integración tiene un impacto positivo en el confort de los usuarios.⁽²⁾

Sin embargo, la percepción y satisfacción de los usuarios se ven afectadas debido a factores como la falta de temperatura ambiente, la ventilación insuficiente y la ausencia de áreas verdes, lo que resulta en sensaciones de incomodidad durante la realización de actividades.⁽³⁾ Al aplicar este diseño se plantea la idea de restablecer la conexión entre los seres humanos y su entorno natural, con el propósito de fomentar un estilo de vida saludable y, al mismo tiempo, impulsar la conservación del medio ambiente.⁽⁴⁾ Inclusive se ha observado que las personas suelen tener una tendencia a buscar una conexión con la naturaleza en cualquier entorno que se encuentren, esto se debe a que esta interacción tiene un impacto positivo en el bienestar general de las personas.⁽⁵⁾

Bajo estas premisas, se infiere que la arquitectura biofílica impacta de manera favorable en su entorno al emplear la conexión innata que existe entre los seres humanos y la naturaleza, con el objetivo de promover un mayor bienestar y una mejor calidad de vida para los ocupantes en entornos construidos más saludables.⁽⁶⁾

En síntesis, la arquitectura biofílica representa una fusión entre el diseño arquitectónico y la naturaleza, con el propósito de mejorar el bienestar humano y promover la conexión con nuestro entorno natural. Mediante una integración de elementos naturales en los espacios, se busca sobre todo mejorar el confort, la salud de los usuarios, fomentar un estilo de vida más saludable y contribuir en la conservación del medio natural. Por consiguiente, el objetivo de este análisis narrativo es describir la producción intelectual sobre la arquitectura biofílica a partir de documentos académicos para proporcionar una visión sobre el tema y aportar una herramienta para futuras investigaciones.

MÉTODO

Las revisiones narrativas son un tipo de investigación cualitativa que se enfoca en la descripción, comparación y análisis de los hallazgos de estudios previos, sin la aplicación de métodos estadísticos para la síntesis de los datos. Este tipo de revisión permite una visión holística del tema en cuestión, resaltando tendencias, enfoques y contextos que los estudios abordan de manera cualitativa. A diferencia de las revisiones sistemáticas, que buscan cuantificar los resultados mediante metaanálisis, las revisiones narrativas proporcionan un análisis más descriptivo y contextualizado de la información disponible, facilitando la comprensión profunda de un área de conocimiento.

En el contexto de la arquitectura biofílica, esta revisión narrativa se centra en explorar estudios y enfoques sobre cómo la integración de la naturaleza en los espacios arquitectónicos afecta el bienestar humano, la sostenibilidad y la eficiencia energética. Para llevar a cabo esta revisión, se realizó una búsqueda en bases de datos internacionales como ScienceDirect, Web of Science y Scopus, utilizando palabras clave como “biophilic architecture”, “biophilic architecture and design” y “architecture AND nature”. De esta manera, se recopilaron y analizaron diversas fuentes que ofrecen perspectivas variadas y enriquecen la comprensión de la arquitectura biofílica.

DESARROLLO

Tabla 1. Características de los estudios incluidos

Autor	Año	Objetivo / muestra	Principales resultados
Jung et al. ⁽⁷⁾	2023	Se aplicó un enfoque de aprendizaje automático y un análisis estadístico para diferenciar los cambios emocionales relacionados con el diseño biofílico. Se dividió a setenta y cinco participantes en tres grupos para investigar los distintos efectos de tres tipos de diseño biofílico.	El uso tanto de muros vegetales como de elementos digitales en entornos sanitarios puede tener un efecto complementario sobre el bienestar emocional al reducir las emociones negativas y potenciar las positivas.
Zhong et al. ⁽⁸⁾	2023	Por ello, introducimos los “bolsillos verdes” (espacios verdes tridimensionales) como una tipología distinta de las cubiertas y muros/fachadas verdes bidimensionales.	Los bolsillos verdes contribuyen a integrar múltiples experiencias de la “naturaleza” en los edificios y a desarrollar una arquitectura sostenible. El diseño de bolsas verdes con visibilidad, accesibilidad y características espaciales (por ejemplo, perspectiva y refugio, complejidad organizada, peligro y misterio) de la “naturaleza” mejora la calidad de los edificios.
Schleck et al. ⁽⁹⁾	2024	Aplicando el eco-ableísmo y la circularidad material en un marco arquitectónico, este estudio pretende investigar las lagunas y posibilidades de acceso, las aplicaciones de materiales naturales y los edificios naturales estadounidenses resultantes, basándose en los estudios críticos sobre discapacidad y en entrevistas semiestructuradas con profesionales de la construcción natural.	Los materiales y métodos de construcción naturales y específicos para el clima presentan una vía potencial hacia un futuro construido más sostenible: materiales con bajas emisiones de carbono, de origen local, mínimamente procesados y no tóxicos. A pesar de que existe un solapamiento crítico, hay pocas investigaciones publicadas sobre el acceso a los materiales en la fase de producción y el acceso humano en la fase de ocupación de los edificios naturales.
Latini et al. ⁽¹⁰⁾	2024	Se presenta un estudio de diseño 3x3 entre sujetos, en el que se comparan tres diseños de oficina (interior verde, exterior verde y no biofílico) y tres escenarios acústicos (oficina, oficina + tráfico y oficina + naturaleza). 198 participantes realizaron una sesión de prueba completando tres tareas cognitivas para cada condición acústica, y una encuesta.	Los resultados de las pruebas cognitivas revelaron que la conexión audiovisual con la naturaleza puede influir positivamente en la memoria de trabajo, la inhibición y el cambio de tarea.
Teki et al. ⁽¹¹⁾	2023	El objetivo de este artículo es ofrecer una nueva lectura de la contribución de Maggie al apoyo contra el cáncer mediante un examen de todos estos datos a través de la lente de la biofilia, que aclara el impacto de las decisiones de diseño relacionadas con la naturaleza en la vida de los pacientes de cáncer	Los datos seleccionados sistemáticamente ayudaron a identificar y clasificar los parámetros de diseño biofílico que parecen más críticos para promover y apoyar la salud y el bienestar humanos en entornos terapéuticos no clínicos, desde la perspectiva del usuario.
Zarie et al. ⁽¹²⁾	2024	Este estudio demuestra el potencial de ampliación y revitalización de los espacios verdes públicos urbanos de Qasrodasht proponiendo un marco para diseñarlos en la dimensión vertical.	En última instancia, este estudio presenta alternativas de diseño, un marco para el diseño de espacios verdes públicos orientados a la verticalidad, y políticas y estrategias para aplicar tales diseños en Qasrodasht mediante entrevistas a expertos.
Manan et al.	2023	Esta investigación tenía como objetivo investigar los retos que limitan la adopción de estrategias de DNI en Australia a través de la lente de las teorías de adopción de innovaciones.	Al igual que en estudios anteriores, las “limitaciones presupuestarias” y la “carga de mantenimiento” se identificaron como barreras clave en esta investigación, afirmando así su persistente impacto negativo en la adopción del DNI. Sin embargo, el marco de adopción de innovaciones llevó a identificar nuevas barreras como la “influencia del constructor” (influencias sociopolíticas), las “circunstancias laborales” (diseñador) y las “dificultades empresariales” (organización).
Macruz et al. ⁽¹³⁾	2024	Esta investigación explora la capacidad de las tecnologías emergentes para mejorar el bienestar. Se trata de generar geometrías 2D biofílicas para representar entornos construidos orientados a la respuesta humana y realizar análisis interindividuales e intraindividuales para evaluar las respuestas humanas utilizando una serie de tecnologías dentro de los ámbitos del análisis de la microexpresión facial y el uso de biosensores EEG.	Los resultados de este análisis permiten clasificar estas geometrías en términos de valencias emocionales, niveles de meditación y preferencias subjetivas. Estas geometrías graduadas pueden emplearse posteriormente en textos arquitectónicos específicos, como decoración de interiores, papeles pintados, superficies de muebles u otros componentes arquitectónicos y de interiores

Sadick et al.	2024	Este estudio pretende identificar estrategias para promover la integración del diseño biofílico en los edificios australianos. Para ello, se realizaron entrevistas semiestructuradas a 24 arquitectos y consultores de sostenibilidad de edificios	El estudio descubrió nueve estrategias para acelerar la adopción del diseño biofílico, entre las que se incluyen convertir el diseño biofílico en una asignatura básica de la formación en arquitectura y sostenibilidad de edificios, mejorar los códigos y reglamentos de construcción para imponer unas características biofílicas mínimas, demostrar a los clientes los beneficios empresariales del diseño biofílico, incorporar el diseño biofílico como valor fundamental en las organizaciones de diseño y difundir la investigación y la información sobre la aplicación rentable de la vegetación local para el diseño biofílico.
Tabatabaeifard et al.	2023	Esta investigación aborda las oportunidades de diseño biofílico en los ambientes interiores del Ártico a través de una metodología integral que incorpora características arquitectónicas, condiciones climáticas de frío extremo y atributos de iluminación integradores	Los resultados ponen de relieve el potencial del método para apoyar el diseño biofílico en espacios interiores árticos. Demuestra cómo la visualización de 360° FOV de las respuestas humanas a las condiciones de iluminación puede proporcionar una perspectiva biofílica de un espacio y sus propiedades arquitectónicas.
Mahrous al. ⁽¹⁴⁾	et 2023	Este artículo pretende identificar los atributos del diseño biofílico que pueden contribuir a mejorar el nivel de satisfacción de los estudiantes. Para ello se utilizará un diseño de búsqueda experimental con realidad virtual en un estudio de diseño de la Universidad Británica de Egipto. Cada participante (N = 52) fue expuesto a la condición existente y después a la experiencia virtual. Antes y después de cada exposición, se administraron evaluaciones cognitivas y de rendimiento, esta evaluación se analizó con el uso de SPSS.	Los resultados muestran un efecto muy positivo de la iluminación natural, la ventilación natural, las zonas verdes, las ventanas grandes, la conexión indirecta con la naturaleza y el material de acabado natural en el nivel de satisfacción de los estudiantes.
Latini et al.	2024	En particular, el estudio investiga los efectos independientes y de interacción de la conexión audiovisual con la naturaleza en 1) el paisaje sonoro de la oficina y 2) los parámetros fisiológicos, y 3) explora las posibles correlaciones entre la respuesta fisiológica y la del paisaje sonoro. En un experimento de diseño entre sujetos se combinaron tres escenarios visuales diferentes (Verde Interior, Verde Exterior y No Biofílico) y tres entornos sonoros (Oficina - O, Oficina + Tráfico - O + T y Oficina + Naturaleza - O + N) para un entorno de oficina virtual.	Los resultados muestran un efecto importante del factor sonoro en la evaluación del paisaje sonoro: el escenario O + N resulta más agradable y lleno de acontecimientos que el escenario O, es decir, un paisaje sonoro de oficina más vibrante.
Espinoza Sanhueza et al. ⁽¹⁵⁾	2024	Este artículo investiga las respuestas fotobiológicas de los ocupantes a patrones análogos biofílicos como la iluminación eléctrica y la configuración del color de las superficies durante los periodos de oscuridad en la arquitectura nórdica.	Los resultados demuestran la diversificación espacial generada por la iluminación eléctrica para diferentes tareas visuales y la estimulación circadiana a lo largo de un día. El estudio también demostró que varias superficies de color y configuraciones de luminarias pueden generar condiciones de iluminación fotópica y melanópica similares a pesar de su temperatura de color espacial percibida.

Para la creación de espacios o áreas verdes urbanos, según Zarie et al.⁽¹²⁾ es necesario tener en cuenta tres aspectos, que son la percepción, función y entorno donde se aplica este diseño. Inclusive Espinoza-Sanhueza et al.⁽¹⁵⁾ recomienda que la diversificación espacial se refiere a la variación de la iluminación según el entorno y las actividades visuales requeridas, donde la iluminación eléctrica puede adaptarse para cumplir con diferentes necesidades visuales y afectar el ritmo circadiano, que es el ciclo de sueño-vigilia del cuerpo humano.

Esto implica que se pueden diseñar sistemas de iluminación que proporcionen una iluminación adecuada para diversas tareas visuales y también influyan en la regulación del ritmo circadiano, independientemente de la percepción subjetiva del color de la luz.

Inclusive se indican un impacto significativo del factor sonoro en la evaluación del paisaje sonoro en entornos de oficina. Se observa que un paisaje sonoro más vibrante, que podría asociarse con una mayor variedad de sonidos, resulta en una evaluación más favorable en comparación con un paisaje sonoro que carece de esa

variedad. Esto sugiere que la presencia de una diversidad de sonidos puede contribuir a crear un ambiente más agradable y estimulante en la oficina.⁽¹⁰⁾

De misma manera se agrega que la conexión audiovisual con la naturaleza puede tener un efecto positivo en varias áreas de la función cognitiva. La memoria de trabajo se refiere a la capacidad de retener y manipular información en la mente durante un corto período de tiempo, y los hallazgos sugieren que la exposición a la naturaleza puede mejorar esta habilidad. Además, la inhibición se refiere a la capacidad de controlar impulsos y suprimir respuestas automáticas, mientras que el cambio de tarea implica la capacidad de cambiar entre diferentes actividades o demandas cognitivas.⁽¹⁰⁾

Para Mahrous et al.⁽¹⁴⁾ considera que los elementos influentes son la iluminación natural, la ventilación natural, las zonas verdes, las ventanas grandes, debido a la conexión indirecta con la naturaleza y el uso de materiales de acabado natural. Los resultados indican que la presencia de estos elementos ambientales en los espacios educativos tiene un efecto muy positivo en el nivel de satisfacción de los estudiantes. La iluminación natural, la ventilación natural y las ventanas grandes pueden mejorar la calidad del ambiente interior al proporcionar luz natural y aire fresco, lo que a su vez puede crear un entorno más cómodo y estimulante para el aprendizaje. La presencia de zonas verdes y la conexión indirecta con la naturaleza también pueden contribuir a un ambiente más relajante y agradable, lo que podría influir positivamente en el bienestar emocional de los estudiantes y su percepción general del entorno educativo. Además, el uso de materiales de acabado natural puede proporcionar una sensación de calidez y conexión con el entorno, lo que también puede contribuir al nivel de satisfacción de los estudiantes.

Y se considera las “geometrías graduadas” a formas o patrones geométricos que varían en complejidad, tamaño, disposición o algún otro aspecto, donde estas geometrías en términos de su impacto emocional, su capacidad para inducir estados de meditación y la preferencia subjetiva de las personas hacia ellas. Esto implica que algunas geometrías pueden tener un efecto emocional más positivo o negativo, pueden facilitar la concentración y la meditación, y pueden ser más o menos preferidas por diferentes individuos.

La aplicación práctica de estos hallazgos podría ser en el diseño de interiores y arquitectura. Por ejemplo, estas geometrías clasificadas podrían ser utilizadas en la decoración de interiores, en el diseño de papeles pintados, en la superficie de muebles u otros componentes arquitectónicos e interiores. Al seleccionar y utilizar las geometrías adecuadas, los diseñadores pueden crear entornos que promuevan emociones positivas, faciliten la concentración y satisfagan las preferencias estéticas y emocionales de las personas que los experimentan.⁽¹³⁾

Por tal se incluye el termino “bolsillos verdes”, se refieren a áreas de vegetación o espacios verdes incorporados en la estructura o alrededor de los edificios donde estos bolsillos verdes no solo contribuyen a la integración de experiencias naturales en entornos construidos, sino que también pueden ayudar a desarrollar una arquitectura más sostenible al proporcionar beneficios ambientales como la reducción del efecto isla de calor urbano, la mejora de la calidad del aire y la promoción de la biodiversidad urbana y se considera el diseño de estos bolsillos verdes que se enfoca en aspectos como la visibilidad y accesibilidad para los ocupantes del edificio, así como en características espaciales que imitan elementos naturales, como perspectiva y refugio. Además, se mencionan conceptos como la complejidad organizada, el peligro y el misterio, que pueden incorporarse para crear experiencias sensoriales y emocionales más ricas que mejoren la calidad general de los edificios.⁽⁸⁾

Para Jung et al.⁽⁷⁾ los “muros vegetales” se refieren a paredes o espacios decorados con plantas vivas o artificiales, mientras que los “elementos digitales” podrían incluir pantallas que muestran imágenes, videos u otros contenidos visuales. Y el sugiere que la combinación de estos elementos puede tener un efecto complementario en el bienestar emocional de las personas que se encuentran en entornos sanitarios, como hospitales o centros de atención médica. La presencia de muros vegetales puede crear un ambiente más natural y relajante, mientras que los elementos digitales pueden proporcionar distracciones visuales o información útil para los pacientes y el personal médico al reducir las emociones negativas y potenciar las positivas, estos elementos pueden contribuir a mejorar la experiencia general en entornos sanitarios, lo que puede ser especialmente importante para pacientes que enfrentan situaciones estresantes o de salud adversas.

Pero Schleck et al.⁽⁹⁾ sugiere la importancia de utilizar materiales y métodos de construcción naturales y adaptados al clima para avanzar hacia un futuro construido más sostenible. Estos materiales y métodos se caracterizan por su baja huella de carbono, su origen local, su mínimo procesamiento y su falta de toxicidad, donde la idea principal es que el uso de estos materiales puede ofrecer una vía hacia la sostenibilidad en la construcción, ya que reducen la dependencia de recursos no renovables, minimizan la contaminación y promueven un entorno interior más saludable para los ocupantes de los edificios. Sin embargo, aunque hay reconocimiento de la importancia de estos materiales, hay poca información disponible sobre cómo acceder a ellos durante la fase de producción y cómo satisfacer las necesidades humanas durante la fase de ocupación de los edificios construidos con estos materiales y se determina que, a pesar de su potencial, todavía hay áreas que deben explorarse y abordarse para lograr una adopción más amplia de materiales de construcción sostenibles y naturales.

CONCLUSIONES

La arquitectura biofílica emerge como un enfoque poderoso que fusiona la naturaleza con el diseño arquitectónico para mejorar el bienestar humano y promover la conexión con nuestro entorno natural. Mediante la integración de elementos naturales en los espacios construidos se busca mejorar el confort y la salud de los ocupantes, así como fomentar un estilo de vida más saludable y al mismo tiempo que se contribuye a la conservación del medio ambiente.

Los estudios revisados muestran consistentemente los beneficios emocionales, cognitivos y fisiológicos de la arquitectura biofílica, desde reducir la ansiedad hasta mejorar el rendimiento cognitivo y promover la relajación. Además, se destaca la importancia de considerar la accesibilidad en el diseño de espacios naturales, así como la necesidad de abordar los desafíos asociados con el mantenimiento y los costos adicionales.

En Conclusión, la arquitectura biofílica ofrece un camino hacia entornos construidos más saludables y sostenibles, donde la conexión con la naturaleza se convierte en un componente integral del diseño. Sin embargo, para maximizar su impacto y abordar sus desafíos, es crucial seguir investigando y desarrollando mejores prácticas en esta área emergente del diseño y la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Saito D, Velázquez C. Arquitectura Biofílica [Internet]. Universidad Nacional Autónoma de México; 2021. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000811852>
2. Medina Changa M, Migliori Ochoa L, Soria Caballero G. Arquitectura biofílica: influencia de su aplicación en el diseño de un centro residencial para el adulto mayor. *Aporte Santiaguino*. 2023. doi:10.32911/as.2023.v16.n2.1058
3. Vela F, Vela A. Principios de la Arquitectura Biofílica en el Centro Integral del Adulto Mayor de la ciudad de Tarapoto en el año 2022 [Internet]. 2022. Available from: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/105917/Vela_PFD-Vela_SA-SD.pdf
4. Aguirre MM, Quispe CY, Ticsihua LC. Arquitectura biofílica aplicada en la propuesta de un centro de rehabilitación físico y mental postCOVID - región Huánuco 2021 [Internet]. Universidad Continental; 2021. Available from: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/11792>
5. Lorenzo Suruchaqui KC. Aplicación del diseño biofílico en los espacios de centros de atención para el adulto mayor en Villa El Salvador [Internet]. Repositorio Institucional - UCV; 2020. doi:0000-0001-6394-4525
6. Quispe Mendizabal DH. ARQUITECTURA BIOFÍLICA EN EL DISEÑO DE ÁREAS RECREATIVAS DEL CENTRO DE ATENCIÓN SOCIAL Y RECREACIÓN DEL ADULTO MAYOR. DCGAL -2023. Universidad Privada de Tacna; 2023.
7. Jung D, Kim DI, Kim N. Bringing nature into hospital architecture: Machine learning-based EEG analysis of the biophilia effect in virtual reality. *J Environ Psychol*. 2023;89:102033. doi:10.1016/j.jenvp.2023.102033
8. Zhong W, Schroeder T, Bekkering J. Designing with nature: Advancing three-dimensional green spaces in architecture through frameworks for biophilic design and sustainability. *Front Archit Res*. 2023;12(4):732-53. doi:10.1016/j.foar.2023.03.001
9. Schleck G, Ben-Alon L. Eco-ableism and access circularity in natural building. *Front Archit Res*. 2024;13(2):235-48. doi:10.1016/j.foar.2023.11.005
10. Latini A, Torresin S, Oberman T, Di Giuseppe E, Aletta F, Kang J, et al. Virtual reality application to explore indoor soundscape and physiological responses to audio-visual biophilic design interventions: An experimental study in an office environment. *J Build Eng*. 2024;87:108947. doi:10.1016/j.jobbe.2024.108947
11. Popay J, Roberts H, Sowden A, Peticrew M, Arar L, Rodgers M, et al. Leukocytoclastic Vasculitis in Urticaria Induced by Ultraviolet Irradiation. *Arch Dermatol*. 1985;121(9):1145-8. doi:10.1001/archderm.1985.01660090059014
12. Zarie E, Sepehri B, Adibhesami MA, Pourjafar MR, Karimi H. A strategy for giving urban public green spaces a third dimension: A case study of Qasroodasht, Shiraz. *Nat Based Solut*. 2024;5:100102. doi:10.1016/j.nbsj.2023.100102

13. Macruz A, Bueno E, Sol G, Vega J, Palmieri R, Zhao B. Designing for well-Being: Using facial micro-expression analysis and EEG biosensor to evaluate human responses to 2D biophilically-driven geometries. *Front Archit Res.* 2024;13(2):219-34. doi:10.1016/j.foar.2023.11.004

14. Mahrous A, Dewidar K, Refaat M, Nessim A. The impact of biophilic attributes on university students level of Satisfaction: Using virtual reality simulation. *Ain Shams Eng J.* 2024;15(1):102304. doi:10.1016/j.asej.2023.102304

15. Espinoza-Sanhueza C, Hébert M, Lalonde JF, Demers CM. Biophilic analogous patterns for light-responsive architecture during polar night: Examining the photobiological effects of electrical lighting on surface colour configuration. *Build Environ.* 2024;249:111125. doi:10.1016/j.buildenv.2023.111125

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Ruth Glenia Afaraya Tacanahui, Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo Moreira.

Redacción - borrador original: Ruth Glenia Afaraya Tacanahui, Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo Moreira.

Redacción - revisión y edición: Ruth Glenia Afaraya Tacanahui, Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo Moreira.