



e-ISSN

2992-7463

Site

<https://revistas.uaa.mx/index.php/artificio>

Artificio

Revista en Ciencias de los Ámbitos Antrópicos

Centro de Ciencias del Diseño y de la Construcción

Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.

Núm. 4 (2023) periodo julio-diciembre



Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano.

Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación.

Parameters of the built environment and its impact on human well-being.

Theory and application of measurement methods and tools.

María José Araya León

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)

ORCID: 0000-0001-7284-6943

maraya@elisava.com

Ainoa Abella García

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)

ORCID: 0000-0001-6375-0317

aabella@elisava.net

Ricardo Guasch Ceballos

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)

rguasch@elisava.net

Javier Peña Andrés

Elisava, Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic – UCC)

jpenya@elisava.net

Received: 2023-06-12

Accepted: 2023-07-28

Cómo citar este trabajo. *How to cite this paper*

Araya, M. Abella, A. Guasch, R. Peña, J. (2023). Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación. *Artificio* 4(4), eC1-eC24.

Parámetros del entorno construido y su impacto en el bienestar humano. Teoría y aplicación de métodos y herramientas de evaluación

María José Araya León · Ainoa Abella García ·
Ricardo Guasch Ceballos · Javier Peña Andrés

Resumen

El entorno construido y su impacto en el bienestar y salud humanos son analizados en este artículo. Se busca identificar los parámetros del entorno que influyen en el bienestar, cómo se miden y su relación con la salud, para ello se realiza una revisión literaria en la base de datos WOS entre 2008 y 2018. En los parámetros del entorno se muestra una escasa relación entre los estudios aplicados en los materiales y el ser humano, y con poca presencia de la biofilia y la forma. Respecto al ser humano, se encuentra una mayor cantidad de estudios psicológicos en comparación con estudios biológicos.

Además, se presentan seis investigaciones empíricas realizadas entre 2018 y 2022. Estos casos tratan de relacionar los efectos psicológicos y biológicos del entorno construido para poder relacionar las mediciones reportadas por los individuos con las mediciones fisiológicas.

El artículo concluye que esta línea de investigación es importante para fortalecer tanto la generación de datos como el diseño basado en evidencia en el entorno construido. Se resalta la necesidad de abordar de manera más completa y holística la relación entre el ser humano y su entorno construido para mejorar el bienestar y la salud de las personas.

Palabras clave: *Entorno construido, Ser humano, Bienestar, Herramientas de medición, Diseño basado en la evidencia.*

Abstract

The built environment and its impact on human well-being and health are analyzed in this article. The aim is to identify the parameters of the environment that influence well-being, how they are measured, and their relationship with health. To achieve this, a literature review was conducted using the WOS database between 2008 and 2018. In the analysis of environmental parameters, there is a limited connection between studies on materials and human beings, with little emphasis on biophilia and form. Concerning the human aspect, there is a greater number of psychological studies compared to biological studies.

Additionally, the article presents six empirical investigations conducted between 2018 and 2022. These cases attempt to correlate the psychological and biological effects of the built environment in order to relate individuals' reported measurements with physiological measurements.

The article concludes that this line of research is essential for strengthening both data generation and evidence-based design in the built environment. It highlights the need to comprehensively address the relationship between human beings and their built environment to enhance the well-being and health of people.

Keywords: *Built environment, Human being, Well-being, Measurement tools, Evidence-based design.*

1. Introducción

La combinación y correlación de los elementos y componentes que configuran el entorno construido se deben estudiar en su conjunto para evaluar la incidencia real que tiene este entorno en el bienestar y la salud de las personas (Barrett, Barrett y Davies 2013).

Cada elemento, parámetro o estímulo se evalúa mediante diferentes datos e índices asociados a una amplia variedad de técnicas y herramientas que permiten estudiar sus valores, los que se enmarcan en rangos de confort y salud. Como de confort visual, acústico y térmico sumados a índices permitidos de calidad del aire, toxicidad de los materiales y radiaciones (Mujan et al. 2019). Por otra parte, se pueden categorizar otros elementos que no necesariamente responden a estos rangos, ya que son de carácter más perceptual, como la forma, la atmósfera o la biofilia por ejemplo.

Ya que este sistema de estímulos desencadena una serie de respuestas en el ser humano, se suma a su evaluación objetiva, la subjetiva, mediante herramientas vinculadas a lo psicológico, como encuestas y test (Bluyssen et al. 2018), (Bringslimark, Hartig y Patil 2009), asociadas a la percepción y las dimensiones emocionales. Pero, observando al ser humano como un sistema complejo, las respuestas biológicas vinculadas al proceso de percepción y de recepción de información del entorno, son otro dato objetivo a sumar. Implicando respuestas neuronales y fisiológicas, como la frecuencia cardíaca, la respuesta galvánica de la piel, la presión sanguínea, entre otras (Yin et al. 2018).

Finalmente es importante mencionar que estos parámetros se pueden clasificar en percibidos y no percibidos, ya que los seres humanos tenemos límites de percepción y no todo lo que ocurre en el entorno se traduce en algo consciente. Como por ejemplo las frecuencias fuera del espectro de percepción humana (Goronovski et al. 2018), (Khylwal et al. 2017), o los campos magnéticos (Rein

2004) como también los ciclos circadianos, parámetros que, si son percibidos, pero repercuten en cambios físicos inconsciente (Karwowski 2012), (Viola et al. 2008).

Por todo lo anterior, el presente artículo busca comprender y analizar qué parámetros del entorno inciden en la salud y el bienestar de las personas. Cómo se conjugan con los efectos biológicos y psicológicos del ser humano, y qué herramientas y técnicas se utilizan, y hasta que nivel se correlacionan desde una perspectiva sistémica y holística.

Para ello, resulta importante un cambio de paradigma basado en la ciencia de las ciudades, el establecimiento de normas y principios para la planificación, construcción, desarrollo, gestión y mejora de las zonas urbanas en sus cinco pilares de aplicación principales: políticas urbanas nacionales, legislación y normativas urbanas, planificación y diseño urbano, economía local y finanzas municipales e implementación local (Nueva Agenda Urbana, 2017). No obstante, la elevada concentración urbana, plantea a las ciudades y a los países una serie de retos para atender las necesidades de las poblaciones en crecimiento, comenzando con elementos básicos como infraestructura, saneamiento, transporte, energía, vivienda, seguridad, empleo, salud y educación, y pasando por otros, también fundamentales como comunicación y esparcimiento. Mantener a la ciudad funcionando de manera sostenible e integrada es ciertamente uno de los grandes retos del siglo XXI (Bouskela et al, 2016).

2. Materiales y métodos

Para lograr el objetivo propuesto se combinan dos métodos, uno teórico científico y otro empírico, ambos buscan entender el qué y el cómo sobre el estudio del entorno construido en relación con el ser humano y su bienestar desde una mirada sistémica y holística, es decir, en la teoría cuáles y cómo son los métodos que se han utilizado para abordar más

parámetros a la vez y cómo esto puede ser replicable en contextos reales. Entendiendo que, en esta interacción, los seres humanos se relacionan con todos los estímulos al mismo tiempo. La reacción biológica y psicológica que este entorno causa en los seres humanos. Por lo tanto, la pregunta orientadora se define sobre ¿qué parámetros se consideran en ambas dimensiones y como se miden?

2.1 Teórico Científico, revisión literaria sistemática

En base a una revisión literaria realizada en la base de datos científica Wos, se clasificaron 244 artículos, comprendidos entre los años 1999 y 2018.

Las clasificaciones y relaciones para análisis se basaron en:

- Análisis y codificación de los 244 artículos, clasificando los parámetros del entorno construido y los parámetros del ser humano (qué), ordenados por años.
- Relaciones entre los mismos parámetros del entorno estudiados (qué).
- Relación entre los parámetros del entorno y del ser humano.
- Relación de los tres puntos anteriores con lo percibido y lo no percibido y las herramientas de evaluación (cómo).
- Detalles de las herramientas de evaluación del entorno y el ser humano, correspondientes a los artículos de la revisión literaria publicados el año 2018.

Posteriormente, se realiza un análisis a través de estadística descriptiva y relaciones cualitativas de la evidencia científica clasificada.

2.2 Estudios empíricos

A partir de todo el conocimiento teórico científico evaluado en la revisión literaria, se desarrollan diferentes investigaciones aplicadas (del 2018 al 2022), que permiten explorar el “qué” y el “cómo” del entorno construido y el ser humano, con el objetivo

de aplicar diversos métodos y herramientas y relacionar los datos del entorno y de las personas. Para el entorno construido, el “qué” se enmarca en las características físico-ambientales entre las cuales, las formas, los colores, la iluminación, etc. Y para el ser humano, en las percepciones, las emociones, la satisfacción, el confort y el bienestar.

Para cada caso se clasifica la siguiente información:

- Nombre del proyecto
- Estudio o Aplicación
- Año
- Cita, participantes y/o empresa
- Descripción
- Objetivo
- El qué y el cómo del entorno y el ser humano

3. Resultados

3.1 Resultados evidencia científica

En primera instancia los 244 artículos se codifican en el qué del entorno y el qué del ser humano (parámetros) y se ordenan por años con los siguientes indicadores:

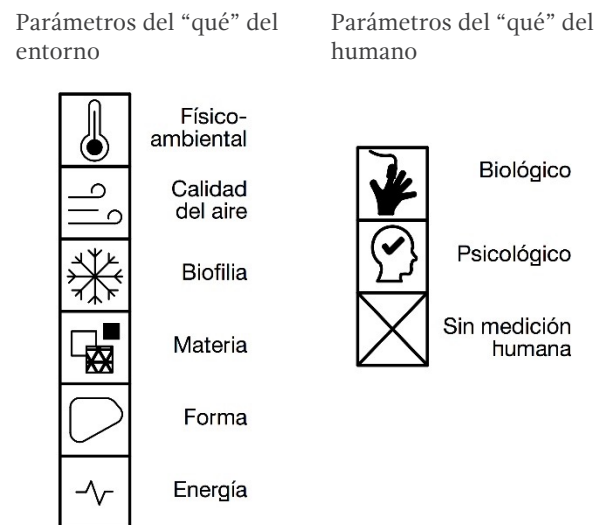


Figura 1. Iconos asociados a los parámetros del entorno construido y el ser humano.

Para cada año, desde 1999 hasta el 2018, se marcan las casillas correspondientes a cada parámetro que ha sido trabajado en las investigaciones.

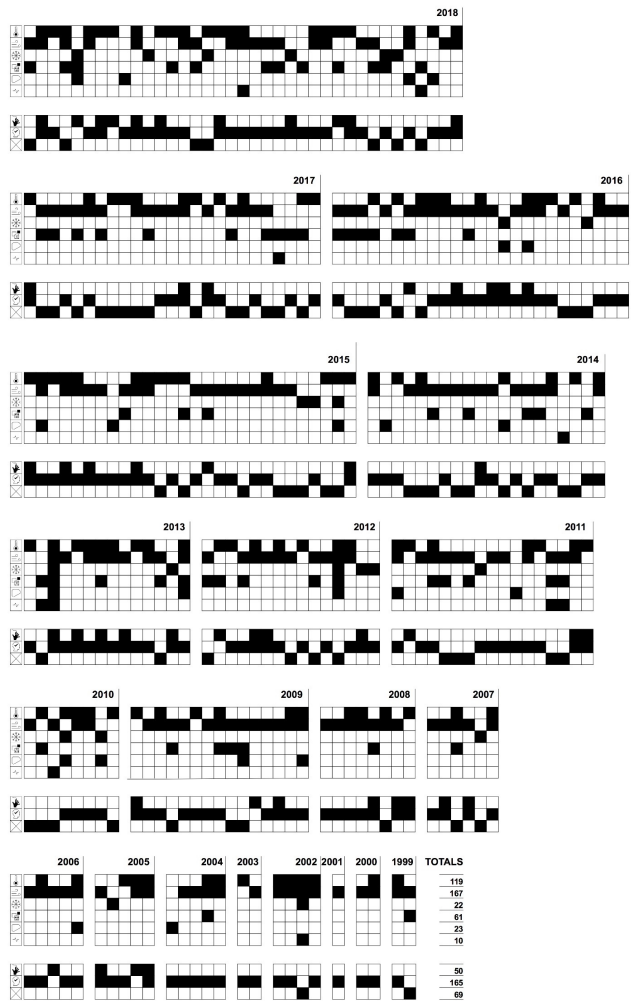


Gráfico 1. Comportamiento detallado de los 244 artículos, codificados según el qué del entorno y el qué del ser humano. Cada columna corresponde a un artículo distinto, se han analizado cada uno para observar qué se ha evaluado y cómo en ambas dimensiones, entorno y humano.

Como se puede observar en el Gráfico 1, la mayor concentración de artículos revisados se ubica en los estudios de la calidad del aire con un total de 167 trabajos, (ver tabla 1). Seguido por los estudios sobre los parámetros físico-ambientales con un total de 119 artículos, los que se dividen en: luz, color, temperatura, humedad relativa, sonido y olor.

Posteriormente, de manera descendente se ubican los estudios sobre la materia con 60 artículos, la biofilia con 22, la forma (dimensiones, composición, simetría, alto, bajo, curvo, etc.) con 23 y finalmente la energía con sólo 10 trabajos.

En lo que respecta al “qué” del ser humano, los artículos se concentran en los aspectos psicológicos, como test de auto reporte y percepción, con 165 en total. Seguido por los trabajos sin medición humana con 69 artículos. Principalmente en los casos de estudio sobre materiales o características energéticas como las ondas electromagnéticas o el radón, si bien se menciona el impacto que puede tener en las personas, estos estudios no hacen ningún tipo de evaluación de esta respuesta humana. Los artículos que abordan parámetros biológicos obtenidos de mediciones fisiológicas y neuronales suman un total de 50.

En general, se observan escasas relaciones entre los parámetros. En el caso de la calidad del aire, se encuentran 6 casos combinados con energía y 70 estudios con parámetros físico-ambientales, por otra parte, estos últimos se relacionan con la biofilia en 6 casos. Los estudios de la materia se combinan principalmente con la calidad del aire con 45 de un total de 61 y la forma con parámetros físico-ambientales con 14 casos.

Qué entorno						
	Físico ambiental	Calidad del aire	Biofilia	Materia	Forma	Energía
Físico ambiental	119	70	6	17	14	3
Calidad del aire	70	167	3	45	9	6
Biofilia	6	3	22	4	7	2
Materia	17	45	4	61	5	6
Forma	14	9	7	5	23	1
Energía	3	6	2	6	1	10

Tabla 1. Relaciones entre el qué del entorno -parámetros-.

Relacionando entorno y ser humano, se observan los aspectos psicológicos como los más estudiados y combinados con calidad del aire, arrojan un total de 115 artículos (tabla 2). No obstante, igualmente cuentan con un apreciable número de mediciones biológicas con 30 artículos. Casi en el mismo nivel se encuentran las características físico-ambientales con un total de 25 casos y en relación a los aspectos psicológicos, se encuentran 85 artículos.

Al lado contrario, se ubican los estudios sobre la energía que a pesar de abordar temas relativos al impacto que este parámetro tiene sobre los seres humanos, la gran parte de artículos (8), no cuentan con medición humana, al igual que el estudio de la materia con 37 casos sin medición sobre 61 estudios clasificados. La biofilia y la forma se asocian más a lo psicológico con 13 y 18 casos respectivamente.

Qué entorno		Qué ser humano		
		Biológico (Neurológico-Fisiológico)	Psicológico	Sin medición
Físico ambiental	119	25	85	25
Calidad del aire	167	30	115	45
Biofilia	22	6	13	8
Materia	61	8	18	37
Forma	23	3	18	4
Energía	10	1	2	8

Tabla 2. Relación entre el qué del entorno y el qué del ser humano.

También se clasifican los parámetros tanto del entorno como del ser humano intervenidos en los artículos analizados, en percibidos (P) con 169 artículos y no percibidos (UP) con 152 casos. Se definen como percibidos, todas aquellas características que interactúan con el sistema sensorial primario como la visión, la audición, el olfato y el tacto, y que a su

vez se presentan como un fenómeno consciente. Por el otro lado, los no percibidos, se enmarcan en aquellas características que son menos tangibles, que, aunque interactúan también con el sistema sensorial, las personas son menos conscientes de esa interacción, como por ejemplo los compuestos químicos de los materiales que se respiran.

Cada parámetro, tanto de entorno como de humano, también se clasifican según esta característica, por ejemplo, en calidad del aire se encuentran 96 sobre lo percibido (P96) y 139 de lo no percibido (NP139) y en los aspectos psicológicos P134 y NP97.

Por otra parte, se distinguen los sub-parámetros abordados en los casos de estudios físico-ambienta-

les entre los cuales: 58 de luz, 20 de color, 92 sobre temperatura, 84 de humedad relativa, 46 de sonido y 38 de olor.

Para los aspectos biológicos del ser humano se encuentran sólo 4 casos de estudios neurológicos y 50 fisiológicos.

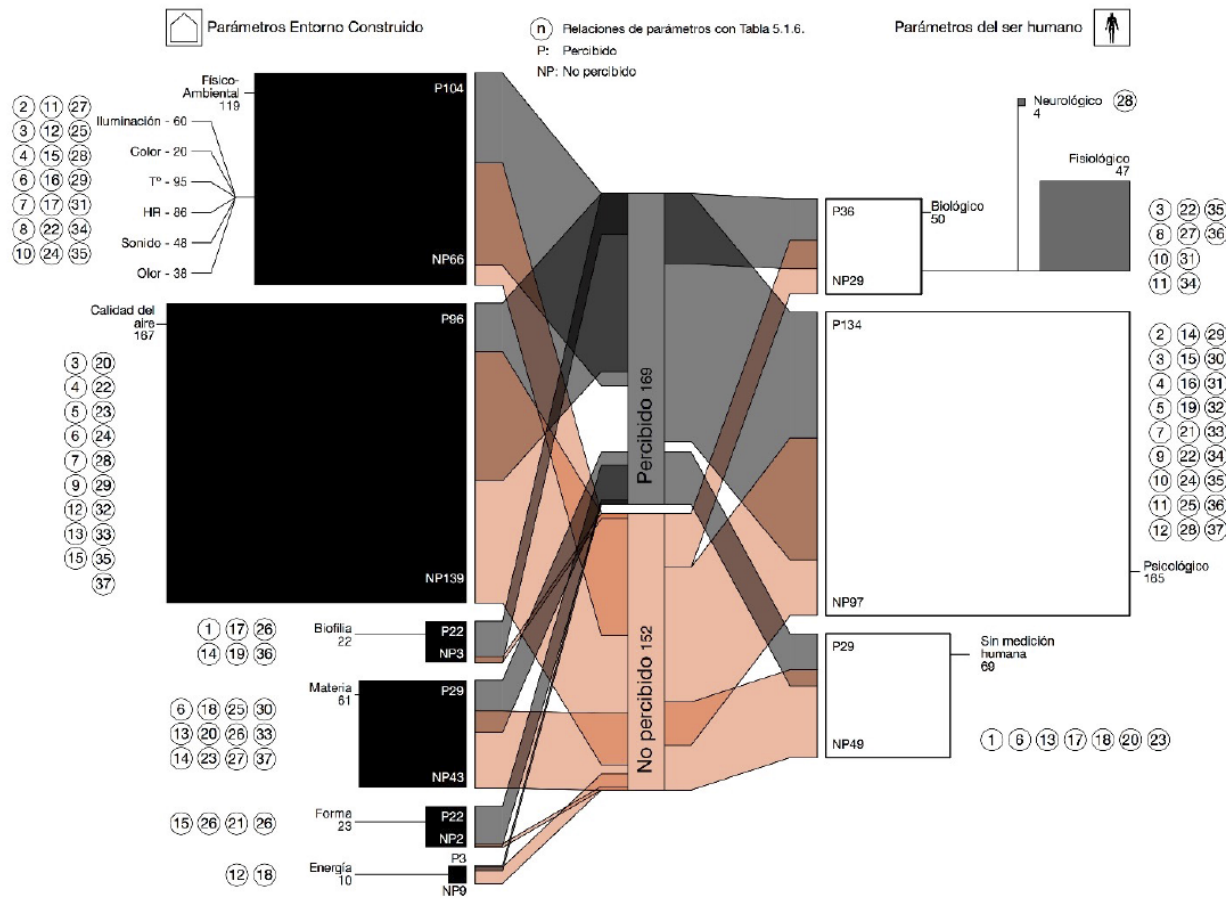


Gráfico 2. Relaciones entre el qué del entorno, el qué del ser humano, lo percibido y lo no percibido y la asociación general con el cómo de cada dimensión -herramientas tabla 3-.

En el gráfico 2 se clasifica el “cómo” para cada parámetro de entorno y humano con relación a la tabla 3. Los números correspondientes a los artículos analizados desde el cómo, se identifican en los diferentes parámetros para contar con una lectura gráfica de la información obtenida.

Por ejemplo, al hacer la lectura de izquierda a derecha dentro de los parámetros de físico ambiental que en total son 119, se observan los números inscritos en un círculo que indican los artículos de la tabla 3, donde se trabajan estos parámetros, es decir, el artículo 2, 3, 4, 6... 35. En el lateral derecho se subdividen los parámetros donde, por ejemplo,

se encuentran 60 artículos que trabajan la iluminación, 20 color, 95 temperatura, y así sucesivamente. Y por la parte derecha del extremo del cuadro negro se indica la cantidad de artículos que lo abordan desde lo percibido y lo no percibido, en el ejemplo que nos compete sería 104 de lo percibido (P) y 66 de lo no percibido (NP). Si en cambio, empezamos por la derecha es el mismo procedimiento con los parámetros del humano.

A continuación, se presentan los detalles del qué y del cómo de los artículos analizados, que, por la envagadura de la información obtenida, se concentra sólo en el último año de la búsqueda -2018-.

Nº	Título Artículo	Parámetros			
		ENTORNO		SER HUMANO	
		QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
1	(Harb, Locoge and Thevenet 2018)	Calidad del aire, Materia	Determinación de compuestos orgánicos volátiles y semi volátiles (VOCs y SVOCs) / Sondas de test para columnas / Cromatografía de Gases FID / Espectrometría de masa.	s/m	s/m
2	(Azuma et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor temperatura, humedad relativa, sonido, iluminación / transmisor de dióxido de carbono / sensores energéticos y medioambientales / Monitor de ozono.	Fisiológicos y Psicológicos	Medidor de presión sanguínea / Temperatura superficial de la piel / Test de auto reporte, percepción del ambiente interior.
3	(Awada y Srour 2018)	Físico-ambientales	s/m	Psicológicos	Test de auto reporte, Percepción del ambiente interior.
4	(Baurès et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire, Materia	Muestreadores activos para el análisis de aldehídos / Tubos de desorción térmica para evaluación de COVs / Muestreadores de aire y filtros para muestras de carbono elemental - orgánico / Control de bio contaminación del aire / Calidad del aire interior, temperatura y humedad / Contador de partículas portátil.	s/m	s/m
5	(Olszewska-Guizzo et al. 2018)	Biofilia, Materia, Forma	Fotografías del entorno.	Neurológicos	Electroencefalografía / Actividad Bioeléctrica Cerebral.
6	(Park, Loftness y Aziz 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Paquete compacto para medir las variables de la calidad ambiental interior de un área (térmica, CO ₂ , CO, partículas (PM _{2.5} , PM ₁₀ , partículas totales) y compuestos orgánicos volátiles (COV), radón, visual / de iluminación, acústica.	Psicológicos	Test de auto reporte / Satisfacción del ambiente interior.
7	(te Kulve, Schlangen y van Marken Lichtenbelt 2018)	Físico-ambientales	Temperatura y humedad relativa / iluminación / espectro de luz.	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura superficial de la piel / Temperatura corporal a través de cápsula / medidor metabólico humano / Test de auto reporte, Percepción y Sensación del ambiente interior.
8	(Calvaresi, Arnesano, Pietroni y Revel 2018)	Físico-ambientales	Medidores estaciones microclimáticas.	Fisiológicos	Evaluación Tasa metabólica.
9	(Hawick, Clely y Kitto 2018)	Frma	s/m	Psicológicos	Entrevistas individuales y grupos focales de percepción y opinión.
10	(Hoffman et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Información fija del espacio / Datos climatológicos -temperatura-.	Fisiológicos y Psicológicos	Gravedad específica de la orina / cuestionarios sobre el entorno, el comportamiento y la salud de los niños. / Evaluación de suero.

Nº	Título Artículo	Parámetros			
		ENTORNO		SER HUMANO	
		QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
11	(Gou, Khoshbakht y Mahdoudi 2018)	Biofilia	Medidor de iluminación, / Imágenes (fotos) entorno, / Calculadora para cuantificar la proporción de cielo, árboles y sombras en las fotografías.	Psicológicos	Test de evaluación subjetiva sobre la elección de su ubicación actual.
12	(Salata et al. 2018)	Físico-ambientales	s/m	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura fisiológica equivalente, Test de autoreporte percepción y confort sobre parámetros físico-ambientales.
13	(Mendell, Macher y Kumagai 2018)	Físico-ambientales, Materia	Medidor digital de humedad de materiales / Termografía.	Psicológicos	Test de auto reporte, Salud.
14	(Bluyssen et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor de CO2, HR, Temperatura.	Psicológicos	Test de auto reporte, Salud y percepción.
15	(Irga, Pettit y Torpy 2018)	Calidad del aire, Materia	Se abordan soluciones.	s/m	s/m
16	(Ghazalli et al. 2018)	Físico-ambientales, Biofilia	Sistema de advertencia de uso. / Interacción electrón - materia (Fotografías área seleccionada al azar). / Medidor de temperatura y humedad.	s/m	s/m
17	(Chaudhuri et al. 2018)	Físico-ambientales	Medidores de Temperatura, Humedad relativa y Velocidad del aire.	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura corporal, Respuesta galvánica de la piel (GSR) / Pulso y Oxígeno en la sangre, Presión arterial / Test de auto reporte, Sensación y confort del ambiente térmico interior.
18	(Jiang et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidores de Temperatura, Humedad relativa, Sonido, Iluminación, Velocidad del aire, Concentración de CO2.	Psicológicos	Cuestionario de percepción subjetiva del ambiente térmico y aspectos cognitivos.
19	(Claeson, Palmquist y Nordin 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire, Energía	s/m	Psicológicos	Test de auto reporte, Salud y percepción.
20	(Carrer y Wolkoff 2018)	Calidad del aire	s/m	Psicológicos	Test de auto reporte, Confort del ambiente interior.
21	(Tähtinen et al. 2018)	Calidad del aire, Materia	Medidores de humedad de materiales, muestreo de compuestos orgánicos volátiles (VOC), probador de flujo de aire / Tasas de ventilación y contenido de dióxido de carbono, temperatura ambiente y la humedad del aire interior, diferencias de presión de aire.	Psicológicos	Indoor climate questionnaire, Percepción calidad del aire interior.
22	(Zhang et al. 2018)	Calidad del aire, Materia	s/m	Psicológicos	Cuestionarios autoreporte salud.
23	(Yin et al. 2018)	Biofilia	Herramienta calificación objetiva del ambiente interior en función de la calidad biofílica. (BIDI) - Exposición a dos espacios de características biofílicas diferentes.	Fisiológicos y Psicológicos	Frecuencia cardíaca, Nivel de conductancia de la piel, Presión arterial, Batería de pruebas cognitivas de cada exposición, Test de autoreporte cambios emocionales.
24	(Proctor et al. 2018)	Materia	Visualización y extracción de biopelículas / Citometría de flujo (FCM), Análisis elemental, extracción de ADN.	Psicológicos	Encuesta global.
25	(Azuma et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor de temperatura, la humedad y concentraciones de CO y CO2, Monitor de aerosol para concentraciones en masa / Fotómetro de aerosol para concentración de partículas en suspensión / Cromatografía líquida de alto rendimiento para muestras de aire para formaldehído y acetaldehído, Cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS) para muestras para pruebas de COV / Muestreador de aire impactador de una etapa para hongos y bacterias.	Psicológicos	Test de auto reporte, salud y percepción ambiente laboral, la calidad del aire interior y el estrés ocupacional.
26	(Pantelic et al. 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Plataforma para medir temperatura del aire de bulbo seco, humedad relativa y concentraciones de dióxido de carbono (CO2), dióxido de nitrógeno (NO2), monóxido de carbono (CO), ozono (O3), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), formaldehído, y partículas (PM 2.5)	Psicológicos	Test de auto reporte / Confort del ambiente interior.

Nº	Título Artículo	Parámetros			
		QUÉ	ENTORNO	SER HUMANO	
			CÓMO	QUÉ	CÓMO
27	(Othman, Latif y Mohamed 2018)	Físico-ambientales, Materia	Medidores de temperatura y humedad relativa, Recopilación de datos de inventario para extracción y producción de material, Evaluación del ciclo de vida.	Fisiológicos	Evaluación de exposición cutánea e ingestión de metales traza en PM 10.
28	(Chaudhuri et al. 2018)	Físico-ambientales	Medidor de temperatura interior, humedad relativa y velocidad del aire, Temperatura y humedad relativa exterior.	Fisiológicos y Psicológicos	Temperatura corporal, Test de autorpeorte sensación térmica y estado térmico (satisfacción)
29	(Bardhan et al. 2018)	Calidad del aire	Evaluaciones características espacios, Simulaciones de comportamiento de ventilación, modelos de flujo de aire.	Psicológicos	Test de autoreporte datos físicos de las viviendas y uso de asistencia sanitaria.
30	(Dai et al. 2018)	Calidad del aire, Materia	Recolección y análisis de muestras de aire, detector de ionización por llama / detector de cromatografía de gases.	s/m	s/m
31	(Demattè et al. 2018)	Biofilia, Materia	Exposición a dos espacios iguales con diferentes materiales.	Psicológicos	Escala de relación de naturaleza (NRS), Test de percepción (cuestionario de diferencia semántica), Test de autoreporte afecto positivo y negativo.
32	(Abdelaal y Soebarto 2018)	Biofilia (solo teoría)	s/m	s/m	s/m
33	(Dreyer et al. 2018)	Físico-ambientales, calidad de aire, forma	s/m	Psicológicos	Test de autoreporte satisfacción con las características ambientales interiores del trabajo, el bienestar, los mediadores potenciales (potencial psicoambiental, comportamiento ambiental y pertenencia social) y una sección sobre demografía.
34	(Goronovski et al. 2018)	Materia, Energía	Evaluación del ciclo de vida.	s/m	s/m
35	(Ergan, Shi y Yu 2018)	Físico-ambientales, forma	Generación de conjuntos de imágenes duales para características de diseño arquitectónico.	Psicológicos	Test de autoreporte Influencia de las características del diseño arquitectónico en la experiencia humana.
36	(Sun et al. 2018)	Calidad del aire	s/m	Psicológicos	Test de autoreporte datos fijos, características entorno y salud.
37	(Wolkoff 2018)	Físico-ambientales, Calidad del Aire	Medidor de temperatura y humedad relativa.	Fisiológicos y Psicológicos	Test de autoreporte datos fijos, características entorno y salud.

Tabla 3. El qué y el cómo, técnicas y herramientas de medición del entorno y el ser humano, clasificación sobre el año 2018 de la revisión literaria.
s/m = sin medición.

3.2 Resultados estudios empíricos

A continuación, se detallan cinco estudios empíricos que incorporan y utilizan el marco teórico anterior para mostrar las posibilidades e importancia de incorporar la teoría y llevarlo a la práctica en contextos reales. Los proyectos se desarrollan en diferentes periodos de tiempo desde el año 2018 al 2022, y en función de su financiación se clasifican según proyectos con empresas de carácter confidencial o estudios ya publicados.

ID	Proyecto	Estudio (E) Aplicación (A)	Año	CITA / Participantes / Empresa
A	Evidence/ Neurohábitat	E + A	2022	EVIDENCE: Programa de Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEI) del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: AEI-010500-2021-158 AEI-010500-2021-158 Participantes: Elisava, Ambit, Bariperfil, AMIC, Goli Neuromarketing NEUROHÁBITAT: Cofinanciado por ACCIÓ, Agencia para la Competitividad de la empresa de la Generalidad de Cataluña, en el marco del programa de Ayudas para Proyectos de Desarrollo e Innovación. Participantes: Elisava, Ambit, Decosan, Duscholux, Goli Neuromarketing

eC11

ID	Proyecto	Estudio (E) Aplicación (A)	Año	CITA / Participantes / Empresa
B	Tous	E + A	2021	Publicado: (Araya León & Abella García, 2022)
C	Decoding Efficient Interiors Living Lab	E	2019	Interiors Living Lab: Proyecto cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Unión Europea de Cataluña 2014-2020 Participantes: Ambit y Elisava.
D	Emotional Analogous Data	E	2018	Publicado: (Araya et al. 2019)
E	Percibo	A	2018	Publicado: (Anfa 2020) María Araya, Anna Mura, Ricardo Guasch, Alberto Estévez y Javier Peña. Estudiantes: Valentina Cabanzo, Nuria Cabarrocas, Carla Rivera, Laia Garrido y Jone Arregui.

Tabla 4. Cuadro resumen de los estudios empíricos realizados.

En los próximos subapartados se explican los proyectos con mayor detalle.

A. EVIDENCE/Neurohábitat

La investigación en los proyectos Evidence y Neurohábitat trata sobre la relación entre productos de hábitat y usuarios dentro del entorno específico, en este caso baños y un espacio de trabajo colaborativo.

Objetivo: Definir *insights* de diseño para mejorar los espacios de estudio a través de los datos de la experiencia humana. Una vez realizadas las propuestas y sus intervenciones en el espacio, se repiten las evaluaciones para entender el impacto de los cambios. A continuación, se detallan según las categorías de entorno y ser humano el qué y el cómo aplicados a ambos proyectos.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico-ambientales, Materia Forma	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales y ruido / Datos de proyecto, forma / Fotografías espacios para evaluación.	Fisiológico y psicológico	Respuesta galvánica de la piel / Frecuencia cardíaca / Temperatura corporal / movimiento corporal Expresión facial / Respuesta neuronal Test de auto reporte online, percepción y emoción.

Tabla 5. Qué y Cómo - EVIDENCE/Neurohábitat

En base a los productos que cada marca se propone seleccionar en los espacios dentro del entorno de baño y de oficina se utilizan diversas herramientas de medición. Se aplican, para la parte de ser humano, los test de autoreporte de percepción y estados emocionales, los que posteriormente se vinculan a las mediciones fisiológicas con Golineuro CAM, Goli BRAC, Golineuro CAP¹ y Golineuro RING para los datos de frecuencia cardíaca, respuesta galvánica de la piel, etc.

Se relacionan datos cuantitativos y cualitativos del ser humano, y posteriormente se complementan con una visión de la influencia de los parámetros del entorno para obtener unos *insights* de diseño y proponer cambios en los productos ya existentes. Los productos con las nuevas características se instalan de nuevo en el espacio WeContract BCN² y pasado un tiempo se vuelve a medir su impacto en los usuarios.



Figura 2. EVIDENCE/Neurohábitat (ID: A)ⁱ

¹ <https://golineuro.es/#como-lo-hacemos>
² <https://www.wecontractbcn.com/ca/>
ⁱ <https://www.elisava.net/research-proyectos/neurohabitat/>

B. Tous

La investigación en este proyecto trata sobre la calidad de vida laboral y su relación con el espacio.

Objetivo: Definir *insights* de diseño para mejorar los espacios de la oficina central de la empresa, centrándose en el bienestar y la sostenibilidad como ejes principales.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico-ambientales, Materia Forma	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales y ruido / Datos de proyecto, forma / Fotografías espacios para evaluación.	Psicológico	Test de auto reporte online, percepción y emoción. / Grupos focales y observación/ Tendencias sobre espacios de trabajo.

Tabla 6. Qué y Cómo - Tous

En este proyecto se utilizan técnicas, donde las investigadoras, obtienen información sobre el ser humano de distintas fuentes, como son: la observación sin participación, los grupos focales con los trabajadores de distintos departamentos y una encuesta online masiva sobre percepción del espacio. Todos estos datos sobre percepción y experiencia se complementan con las mediciones físico-ambientales de las distintas localizaciones de la oficina (definidas en el qué y cómo del entorno) y las tendencias del sector.

Finalmente, los datos cuantitativos y cualitativos se relacionan para definir unos *insights* de diseño y proponer cambios en los espacios existentes. Para realizar la propuesta final se hibridan los *insights* propuestos por los distintos equipos del proyecto (experiencia de usuario, espacios saludables, sostenibilidad y materiales, consultores multidisciplinares) para que de forma colaborativa el equipo de Arquitectura y Diseño desarrolle una propuesta conceptual final (ver Figura 3).



Figura 3. Tous (ID:B)ⁱⁱ

C. Decoding Efficient Interiors Living Lab

Estudio sobre la percepción, emoción y comportamiento de las y los usuarios dentro del contexto hotelero.

Objetivo: Diseñar un kit de herramientas que permita medir y evaluar la percepción, la emoción y el comportamiento de los usuarios en espacios interiores hoteleros.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico-ambientales, Materia Forma	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales y ruido / App para evaluar color / Datos de proyecto, forma / Fotografías espacios para evaluación.	Fisiológico y psicológico	Respuesta galvánica de la piel / Frecuencia cardiaca / Temperatura corporal / movimiento corporal Expresión facial Test de auto reporte online, percepción y emoción.

Tabla 7. Qué y Cómo - Decoding Efficient Interiors Living Lab.

Las herramientas son aplicadas en cuatro espacios distintos, llamados Concept Rooms, del contexto hotelero (habitación, hall, coworking y terraza). En base a los objetivos específicos que cada uno de los cuatro estudios propone provocar en los visitantes en su concept room, se utilizan distintas he-

ⁱⁱ <https://www.elisava.net/research-proyectos/tous/>

ramientas para medir el entorno y el ser humano. Se aplican los test de autoreporte de percepción y estados emocionales sobre el espacio hotelero y sus productos. Los que posteriormente se vinculan a las mediciones fisiológicas que se obtienen de la exploración de los usuarios en las propias concept rooms a través de Goli y Empática³ con los datos de frecuencia cardiaca, respuesta galvánica de la piel, etc.

Se relacionan los datos cuantitativos y cualitativos del ser humano con los del entorno y estímulos como materiales, colores de la iluminación, olores, entre otros.

Mediante los resultados obtenidos, según la experiencia de las y los usuarios, se detallan a los estudios de arquitectura el nivel de cumplimiento de sus objetivos iniciales pensados para la concept room.



Figura 4. Decoding Efficient Interiors Living Lab (ID:C). Proceso de medición. Foto propia.

³ <https://www.empatica.com/en-eu/research/e4/>

D. Emotional Analogous Data (EAD)

Estudio sobre las emociones y la percepción del espacio en el entorno laboral.

Objetivo: Explorar cómo el entorno afecta en el estado emocional de los usuarios de espacios de trabajo, asociado a factores físico-ambientales y cambios realizados durante el periodo de exploración. Por otra parte, relacionar las maneras que existen para evaluar y medir aspectos psicológicos, ambientales y energéticos.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico - ambientales, Biofilia, Materia, Forma, Energía	Medidores de Iluminación, temperatura - humedad relativa, temperatura superficial de los materiales, ruido y energía / Forma, aplicación de cambios.	Psicológico	Muro análogo de evaluación diaria sobre el estado emocional de los participantes. Test de auto reporte online, percepción, emoción, confort y comportamiento.

Tabla 8. Qué y Cómo - Emotional Analogous Data.

El muro análogo de emociones se aplica durante 6 meses en intervalos de 30 días en una oficina. Los participantes reportan su estado emocional al entrar –AM- y al salir –PM- en el muro mediante unas pegatinas personalizadas con 5 emociones básicas. Por lo tanto, pueden seleccionar la emoción que sienten y su intensidad. Además, se sistematizan diferentes mediciones físico-ambientales del entorno en relación a diversos cambios que se realizan durante el estudio, relativos a biofilia, atmósferas, materia e iluminación. Se aplican dos test de autoreporte, para evaluar qué sienten los trabajadores antes y después de los cambios en relación a la percepción de los parámetros del entorno que se miden y sobre algunos aspectos como la creatividad, la concentración, la socialización, entre otros.



Figura 5. Emotional Analogous Data (ID:D). Herramienta Sputnik GDV⁴. Foto propia.

E. Percibo

Proyecto enmarcado en los Trabajos Final de Grado de Elisava en colaboración con SPECS4. Estudiantes: Valentina Cabanzo, Nuria Cabarrocas y Carla Rivera.

Objetivo: Diseñar un módulo experimental multi-sensorial para el descanso en el contexto universitario, relacionando técnicas y herramientas del entorno y del humano.

ENTORNO		SER HUMANO	
QUÉ	CÓMO	QUÉ	CÓMO
Físico - ambientales, Biofilia, Materia, Forma, Energía	Aplicación de Luz, Color, Aroma, Sonido, Formas.	Fisiológico neurológico y psicológico	Medidor de energía y frecuencia magnética del cuerpo humano. Electroencefalografía, actividad Bioeléctrica Cerebral. Test de autoreporte estado emocional.

Tabla 9. Qué y Cómo - Percibo.

Este módulo tiene como objetivo causar una reacción -experiencia restauradora multisensorial- en función del bienestar, a través de la información que recibe el sistema mediante datos neurológicos

de los usuarios a través de EGG con la herramienta EMOTIV INSIGHT⁵ y el test de autoreporte. Una vez obtenidos y procesados los datos se ofrece al usuario una experiencia restauradora compuesta por un sistema de estímulos entre luz, color, olor y sonido.

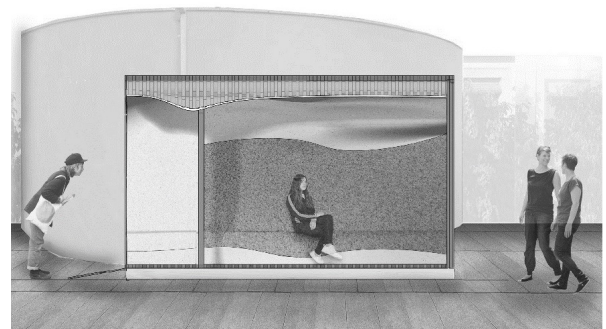


Figura 6. Percibo (ID:E). Exploración de herramientas. Imagen producida por las estudiantes Valentina Cabanzo, Nuria Cabarrocas y Carla Rivera.

En este apartado, a través de los distintos proyectos se detalla cómo se han aplicado algunos aspectos de la evidencia científica detectada en la revisión sistemática. Hay una evolución e intención marcada para integrar parámetros tanto del entorno como del humano en los proyectos creativos, independientemente del sector, para promover un mayor bienestar en las personas a través del diseño. Por otro lado, destaca el uso de nuevas tecnologías para permitir una cuantificación más exacta y objetiva que complementa la parte autoreportada por los usuarios.

2. Discusión

Perspectivas generales

Dentro de los parámetros más estudiados en la teoría científica, se evidencia la calidad del aire y los físico-ambientales, de los cuales preponderan la temperatura y la humedad relativa. La mala calidad del aire es una característica del entorno que tiene repercusiones negativas en la salud de las personas

⁴ <http://www.sputnik.bio-well.com/>

⁵ <https://www.emotiv.com/insight/>

(Carrer y Wolkoff 2018), (Zhang et al. 2018). Esta se vincula principalmente a lo no percibido por lo que las personas no asocian directamente sus efectos físicos (Rasheed y Byrd 2017), dado a que estas características son menos tangibles y menos conscientes.

Las herramientas y tecnologías asociadas a este parámetro son complejas (Baurès et al. 2018), (Harb, Locoge, y Thevenet 2018), (Pantelic et al. 2018). Es por esto que en los estudios empíricos se buscan otras vías de evaluación, como las características de la ventilación del espacio y los componentes de los materiales que se están proyectando a través del software CES⁶ selector. No obstante, existe mucha información disponible que se puede utilizar, sobre todo en temas de toxicidad ("Healthy Materials Lab | The Next Generation of Materials", 2020).

Por otra parte, se puede encontrar mucha información sobre temperatura y humedad relativa. Desde datos territoriales (Hoffman et al. 2018), mediciones ambientales interiores y en su vínculo con el ser humano, se contempla el nivel de metabolismo asociado a la actividad que se debe realizar, incluso se mide la temperatura corporal a través de una píldora ingerible -BodyCAP- (Park, Loftness y Aziz 2018).

El parámetro de luz, también se presenta mucho en la literatura revisada, principalmente con mediciones de iluminancia (luz que incide en una superficie en lux), luminancia o brillo (luz reflejada por la superficie que se representa en %) (Gou et al. 2018). Aunque la tendencia es evaluar la iluminación artificial, en las experiencias empíricas se contempla la iluminación natural sumada a la temperatura de color, pero desde la percepción de los usuarios. La combinación de intensidad, temperatura de color, luz natural y artificial, son fundamentales para abordar el bienestar visual (Araya et al. 2019).

Le siguen a los parámetros anteriormente expuestos, el sonido y/o ruido, el olor y el color. En cuanto al sonido, tanto la literatura científica como los casos empíricos evalúan sus aspectos percibidos, pero hay otras características no percibidas que son importantes de considerar como los infra y ultrasonidos (Alves, et al. 2019).

Relativo a la materia, sus evaluaciones se relacionan en mayor parte a la humedad, los olores y sus compuestos químicos vinculados a la calidad del aire. Estas evaluaciones se relacionan con la química de los materiales a través de métodos como espectrometría de masa (Harb, Locoge & Thevenet 2018), muestradores (Baurès et al. 2018), medidores de humedad (Tähtinen et al. 2018), entre otras.

En los casos menos investigados en la literatura analizada, como la forma, los aspectos biofílicos y la energía, se destacan el uso de imágenes duales para los casos de forma y biofilia (Ergan, Shi & Yu 2018), (Olszewska-Guizzo et al. 2018), por ejemplo, a través de la aplicación de muros verdes (Ghazalli et al. 2018) y la calificación objetiva del ambiente interior de la calidad biofílica (BIDI) (Yin et al. 2018). Por otra parte, se avalúan diferentes aspectos relacionados con hipersensibilidad electromagnética (EHS) (Claeson, Palmquist & Nordin 2018).

Estos mismos parámetros se introducen en los estudios empíricos vinculando, por ejemplo, aspectos de materia y energía con la aplicación de vidrios trabajados termomecánicamente⁷ con diferentes informaciones, aplicadas en la iluminación general, provocando reacciones en los usuarios (EAD -D). Por otra parte, se evalúan características energéticas del entorno a través del sensor sputnik de Biowell y finalmente, la biofilia se aplica mediante la inserción de vegetación en el entorno laboral. En el caso de la forma en muchos casos se vincula con la percepción de tamaños y patrones.

⁶ <https://www.grantadesign.com/industry/products/ces-selector/>

⁷ Vitrocuantic® <https://vitrocuantic.com/>

Importancia de las herramientas psicológicas y otras evaluaciones del ser humano

La mayor parte de los estudios se relacionan con las respuestas psicológicas de los usuarios, a través de test de autoreporte, el 73% de artículos analizados combinan el estudio de la respuesta humana a través de estas herramientas. Estas se pueden clasificar según lo que se quiera evaluar, es decir, test de percepción, confort / satisfacción, emoción, salud y aspectos relativos al desempeño cognitivo, como creatividad, concentración, productividad, entre otros. A parte de los datos fijos necesarios según el estudio, como la edad y el sexo. En los casos empíricos, estas herramientas dan información crucial sobre la percepción, estados emocionales y comportamientos dentro de los espacios -A, B, C y D -.

En ambos casos -literatura científica y casos empíricos-, la rigurosidad en relación a la ética y el tratamiento de datos es una constante, ya que el trabajo con humanos y seres vivos en general, poseen este requisito.

Si bien las herramientas psicológicas son las más utilizadas, se observa una necesidad de incorporar la dimensión biológica en el estudio del ser humano, que permita correlacionar y validar el autoreporte. Esto debido a que no siempre se condice lo reportado con lo medido. Como se observa en los resultados, sólo el 20,5% abordan estas metodologías de evaluación biológica, donde todos abordan las respuestas fisiológicas y de estos solo un 10% lo acompañan también con respuestas neurológicas. Esto evidencia que en la vía de investigación en neuroarquitectura, es algo que se debe fortalecer (Olszewska-Guizzo et al. 2018).

La tecnología está avanzando a favor de la aplicación de herramientas fisiológicas y neurológicas, disminuyendo sus costos y facilitando las interfaces de comunicación con los usuarios, lo que hasta ahora ha sido una barrera en el campo de la experi-

mentación. A tal punto ha avanzado, que ya se encuentra en estudio un piloto de EEG de oreja (Athavipach, et al. 2019).

En los casos empíricos, se exploran tanto herramientas fisiológicas -A y C-, como neurológicas -A y E-. En estos casos, se ha buscado relacionar lo autoreportado con lo medido, encontrando similitudes que permiten avalar datos y transformarlos en estrategias de diseño basado en la evidencia, por otra parte, según lo reportado y lo medido, se busca promover el aprendizaje sobre las emociones en el contexto universitario -E -.

Correlaciones entre parámetros, físicos, psicológicos y biológicos

En la búsqueda de una mirada sistémica y holística, la correlación de parámetros es fundamental para poder entender y establecer posibles relaciones de causa y efecto. Además, de facilitar y ampliar la visión de conjunto y no de parámetros individuales sin ningún tipo de relación. No obstante, se observa en la literatura que la tendencia es evaluar uno o dos campos, esto se puede deber a la especificidad de las fuentes, también a la complejidad que esto conlleva. Por eso es muy importante promover la interdisciplinariedad que permita abarcar de manera más completa los fenómenos.

Como se observa en la tabla 1. Los parámetros que presentan una mayor correlación son los físico-ambientales y la calidad del aire, esto es debido a la importancia que tiene la temperatura y la humedad. Los otros parámetros se correlacionan escasamente entre más de dos o tres parámetros, como por ejemplo, el artículo que vincula la temperatura de color con el ambiente térmico (Park, et al. 2018). No obstante, si hay estudios relacionados a certificaciones WELL (International WELL Building, 2020) o a estudios sobre el síndrome del edificio enfermo que trabajan más parámetros simultáneamente (Wolkoff, 2018).

La mayor parte de los casos se correlacionan con el ser humano y sus efectos, sólo en los casos de investigación sobre la materia (37 de 61 artículos) y la energía (8 de 10 artículos), se evidencia una menor intervención de medición humana (ver tabla 2).

Es por lo anteriormente expuesto que en las experiencias empíricas se busca trabajar de manera sistémica la mayor cantidad de parámetros, sujeto al objetivo de cada proyecto, esto se da en los casos -A, B, C, D-.

5. Conclusiones

Existe una evidente necesidad de ampliar los estudios científicos sobre la biofilia, la forma, los materiales y la energía, ya que estos parámetros del entorno se presentan como los menos estudiados. En relación con el ser humano los estudios de interacción con la materia son los más escasos, tanto a nivel psicológico como biológico. Este último -lo biológico- también se observa como una dimensión a fortalecer.

Por otra parte, se debe potenciar la correlación entre parámetros del entorno, ya que se ha observado una clara tendencia a estudiarlos de manera individual. También entre los estudios psicológicos y biológicos del ser humano, ya que se observa en los casos empíricos, que lo autoreportado en los tests psicológicos, no siempre está relacionado con las respuestas fisiológicas y neuronales.

Se constata, además, que los usuarios de los espacios casi nunca son conscientes de los efectos del entorno, y es en sus experiencias dirigidas como participantes de los casos de estudio, que lo logran distinguir. Cabe destacar que cada vez la medición y el control de parámetros como luz, sonido y color están más al alcance de los usuarios a través de la tecnología cotidiana como las aplicaciones móviles, lo que implica más empoderamiento en temas de bienestar físico y ambiental.

Todo lo anterior evidencia la necesidad de continuar avanzando en investigaciones con visión sistémica y holística (Durmisevic y Ciftcioglu, 2010) para contribuir a la generación de conocimiento de cómo realmente el entorno construido afecta al ser humano. Así como, que se debe contemplar una mejora en la difusión del conocimiento generado, tanto para usuarios como para proyectistas, para así contribuir en la calidad de los proyectos a través del diseño basado en la evidencia.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen a ELISAVA Facultad de Diseño e Ingeniería de Barcelona (UVic-UCC) y a la Universidad de Santiago de Chile (USACH) por haber hecho posible esta investigación. Así como, la colaboración de todas las instituciones presentes en los proyectos empíricos.

Referencias

- Abella, A., Araya León, M., Marco-Almagro, L., & Clèries Garcia, L. (2022). Perception evaluation kit: a case study with materials and learning styles. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(3), 1941–1962. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09676-4>
- Abdelaal, M., Soebarto, V. (2018). History matters: The origins of biophilic design of innovative learning spaces in traditional architecture. *Archnet-IJAR*, 12(3), 108–127. <https://doi.org/10.26687/archnet-ijar.v12i3.1655>
- Araya León, M. J., & Abella Garcia, A. (2022). Strategies for well-being in new work spaces: A case study in a post-pandemic context. *Temas de Disseny*, 38, 132–161. <https://doi.org/10.46467/tdd38.2022.132-161>

Araya, M. J., Abella, A., Guasch, R., Estevez, A., & Peña, J. (2020). Emotional Analogous Data: Interaction in the Work Space. *Modern Environmental Science and Engineering*, 1183-1194. DOI:10.15341/mese(2333-2581)/12.05.2019/013

Alves, J., Torres Silva, L., Remoaldo, P. (2019). How Can Low-Frequency Noise Exposure Interact with the Well-Being of a Population? Some Results from a Portuguese Municipality. *Applied Sciences*, 9(24), 5566. <https://doi.org/10.3390/app9245566>

Athavipach, C., Pan-Ngum, S., Israsena, P. (2019). A Wearable In-Ear EEG Device for Emotion Monitoring. *Sensors*, 19(18), 4014. <https://doi.org/10.3390/s19184014>

Awada, M., Srour, I. (2018). A genetic algorithm based framework to model the relationship between building renovation decisions y occupants' satisfaction with indoor environmental quality. *Building y Environment*, 146, 247–257. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.001>

Azuma, K., Ikeda, K., Kagi, N., Yanagi, U., Osawa, H. (2018). Physicochemical risk factors for building-related symptoms in air-conditioned office buildings: Ambient particles y combined exposure to indoor air pollutants. *Science of the Total Environment*, 616–617, 1649–1655. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.147>

Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U., Osawa, H. (2018). Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health y psychomotor performance. *Environment International*, 121(1), 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.059>

Bardhan, R., Debnath, R., Jana, A., Norford, L. K. (2018). Investigating the association of healthcare-seeking behavior with the freshness of indoor spaces in low-income tenement housing in Mumbai. *Habitat International*, 71, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.12.007>

Barrett, P., Barrett, L., Davies, F. (2013). Achieving a step change in the optimal sensory design of buildings for users at all life-stages. *Building y Environment*, 67(67), 97–104. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.011>

Baurès, E., Blanchard, O., Mercier, F., Surget, E., le Cann, P., Rivier, A., Gangneux, J. P., Florentin, A. (2018). Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical y microbiological contaminants. *Science of the Total Environment*, 642, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.047>

Bluyssen, P. M., Zhang, D., Kurvers, S., Overtoom, M., Ortiz-Sanchez, M. (2018). Self-reported health y comfort of school children in 54 classrooms of 21 Dutch school buildings. *Building y Environment*, 138, 106–123. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.04.032>

Bringslimark, T., Hartig, T., Patil, G. G. (2009). The psychological benefits of indoor plants: A critical review of the experimental literature. *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 422–433. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.05.001>

Calvaresi, A., Arnesano, M., Pietroni, F., Revel, G. M. (2018). Measuring metabolic rate to improve comfort management in buildings. *Environmental Engineering y Management Journal*, 17(10), 2287–2296. <https://doi.org/10.30638/eemj.2018.227>

Carrer, P., Wolkoff, P. (2018). Assessment of indoor air quality problems in office-like environments: Role of occupational health services. *International Journal of Environmental Research y Public Health*, 15(4), 741. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040741>

Chaudhuri, T., Zhai, D., Soh, Y. C., Li, H., Xie, L. (2018a) Thermal comfort prediction using normalized skin temperature in a uniform built environment. *Energy y Buildings*, 159, 426–440. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.10.098>

Chaudhuri, T., Zhai, D., Soh, Y. C., Li, H., Xie, L. (2018b). Ryom forest based thermal comfort prediction from gender-specific physiological parameters using wearable sensing technology. *Energy y Buildings*, 166, 391–406. <https://doi.org/10.1016/j.ENBUILD.2018.02.035>

Claeson, A. S., Palmquist, E., Nordin, S. (2018). Physical y chemical trigger factors in environmental intolerance. *International Journal of Hygiene y Environmental Health*, 221(3), 586–592. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.02.009>

Dai, K., Yu, Q., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, X. (2018). Aromatic hydrocarbons in a controlled ecological life support system during a 4-person-180-day integrated experiment. *Science of the Total Environment*, 610–611, 905–911. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.164>

Demattè, M. L., Zucco, G. M., Roncato, S., Gatto, P., Paulon, E., Cavalli, R., Zanetti, M. (2018). New insights into the psychological dimension of wood–human interaction. *European Journal of Wood y Wood Products*, 76(4), 1093–1100. <https://doi.org/10.1007/s00107-018-1315-y>

Dreyer, B. C., Coulombe, S., Whitney, S., Riemer, M., Labbé, D. (2018). Beyond Exposure to Outdoor Nature: Exploration of the Benefits of a Green Building's Indoor Environment on Wellbeing. *Frontiers in Psychology*, 9, 1583. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01583>

Durmisevic, S., Ciftcioglu, Ö. (2010). Knowledge Modeling Tool for Evidence-Based Design. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 3(3), 101–123. <https://doi.org/10.1177/193758671000300310>

Ergan, S., Shi, Z., Yu, X. (2018). Towards quantifying human experience in the built environment: A crowdsourcing based experiment to identify influential architectural design features. *Journal of Building Engineering*, 20, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.004>

Fischl, G., Gärling, A. (2008). Identification, visualization, y evaluation of a restoration-supportive built environment. *Journal of Architectural y Planning Research*, 254–269.

Ghazalli, A. J., Brack, C., Bai, X., Said, I. (2018). Alterations in use of space, air quality, temperature y humidity by the presence of vertical greenery system in a building corridor. *Urban Forestry y Urban Greening*, 32, 177–184. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.04.015>

Goronovski, A., Joyce, P. J., Björklund, A., Finnveden, G., Tkaczyk, A. H. (2018). Impact assessment of enhanced exposure from Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) within LCA. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2824–2839. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.131>

Gou, Z., Khoshbakht, M., Mahdoudi, B. (2018). The impact of outdoor views on students' seat preference in learning environments. *Buildings*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/buildings8080096>

Harb, P., Locoge, N., Thevenet, F. (2018). Emissions y treatment of VOCs emitted from wood-based construction materials: Impact on indoor air quality. *Chemical Engineering Journal*, 354, 641–652. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.085>

Hawick, L., Clely, J., Kitto, S. (2018). 'I feel like I sleep here': how space y place influence medical student experiences. *Medical Education*, 52(10), 1016–1027. <https://doi.org/10.1111/medu.13614>

Healthy Materials Lab | *The next generation of materials* (n.d.) Retrieved June 16, 2020, from <https://healthymaterialslab.org/>

Hoffman, K., Hammel, S. C., Phillips, A. L., Lorenzo, A. M., Chen, A., Calafat, A. M., Ye, X., Webster, T. F., Stapleton, H. M. (2018). Biomarkers of exposure to SVOCs in children y their demographic associations: The TESIE Study. *Environment International*, 119, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.06.007>

International WELL Building, I. (2020). *The WELL Performance Verification Guidebook*. <https://a.storyblok.com/f/52232/x/cc341e5b92/well-performance-verification-guidebook-with-q2-2020-addenda.pdf>

Irga, P. J., Pettit, T. J., Torpy, F. R. (2018). The phytoremediation of indoor air pollution: a review on the technology development from the potted plant through to functional green wall biofilters. *Reviews in Environmental Science y Biotechnology*, 17(2), 395–415. <https://doi.org/10.1007/s11157-018-9465-2>

Jiang, J., Wang, D., Liu, Y., Xu, Y., Liu, J. (2018). A study on pupils' learning performance y thermal comfort of primary schools in China. *Building and Environment*, 134, 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.036>

Karwowski, W. (2012). Hybook of human factors y ergonomics. In *Hybook of human factors y ergonomics*. <https://doi.org/10.1002/0470048204.ch27>

Khyelwal, H., Schenning, A. P., Debije, M. G. (2017). Infrared regulating smart window based on organic materials. *Advanced Energy Materials*, 7(14), 1. <https://doi.org/10.1002/aenm.201602209>

Mendell, M. J., Macher, J. M., Kumagai, K. (2018). Measured moisture in buildings y adverse health effects: A review. *Indoor Air*, 28(4), 488–499. <https://doi.org/10.1111/ina.12464>

Mujan, I., Anđelković, A. S., Munćan, V., Kljajić, M., Ružić, D. (2019). Influence of indoor environmental quality on human health y productivity - A review. *Journal of Cleaner Production*, 217, 646–657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307>

Olszewska-Guizzo, A., Escoffier, N., Chan, J., Yok, T. P. (2018). Window view y the brain: Effects of floor level y green cover on the alpha y beta rhythms in a passive exposure eeg experiment. *International Journal of Environmental Research y Public Health*, 15(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph15112358>

Othman, M., Latif, M. T., Mohamed, A. F. (2018). Health impact assessment from building life cycles y trace metals in coarse particulate matter in urban office environments. *Ecotoxicology y Environmental Safety*, 148, 293–302. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.034>

Pantelic, J., Rysanek, A., Miller, C., Peng, Y., Teitelbaum, E., Meggers, F., Schlüter, A. (2018). Comparing the indoor environmental quality of a displacement ventilation y passive chilled beam application to conventional air-conditioning in the Tropics. *Building y Environment*, 130, 128–142. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.026>

Park, J., Loftness, V., Aziz, A. (2018). Post-Occupancy Evaluation y IEQ Measurements from 64 Office Buildings: Critical Factors y Thresholds for User Satisfaction on Thermal Quality. *Buildings*, 8(11), 156. <https://doi.org/10.3390/buildings8110156>

Proctor, C. R., Reimann, M., Vriens, B., Hammes, F. (2018). Biofilms in shower hoses. *Water Research*, 131, 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.027>

Rasheed, E. O., Byrd, H. (2017). Can self-evaluation measure the effect of IEQ on productivity? A review of literature. *Facilities*, 35(11–12), 601–621. <https://doi.org/10.1108/F-08-2016-0087>

Rein, G. (2004). Bioinformation within the biofield: beyond bioelectromagnetics. *Journal of Alternative y Complementary Medicine*, 10(1), 59–68. <https://doi.org/10.1089/107555304322848968>

Salata, F., Golasi, I., Verrusio, W., de Lieto Vollaro, E., Cacciafesta, M., de Lieto Vollaro, A. (2018). On the necessities to analyse the thermohygrometric perception in aged people. A review about indoor thermal comfort, health y energetic aspects y a perspective for future studies. *Sustainable Cities and Society*, 41, 469–480. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.003>

Sun, Y., Hou, J., Kong, X., Zhang, Q., Wang, P., Weschler, L. B., Sundell, J. (2018). "Dampness" y "Dryness": What is important for children's allergies? A cross-sectional study of 7366 children in northeast Chinese homes. *Building y Environment*, 139, 38–45. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.013>

Tähtinen, K., Lappalainen, S., Karvala, K., Remes, J., Salonen, H. (2018). Association between four-level categorisation of indoor exposure y perceived indoor air quality. *International Journal of Environmental Research y Public Health*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040679>

te Kulve M, Schlangen, L., van Marken Lichtenbelt, W. (2018). Interactions between the perception of light y temperature. *Indoor Air*, 28(6), 881–891. <https://doi.org/10.1111/ina.12500>

Viola, A. U., James, L. M., Schlangen, L., Dijk, D. (2008) Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance y sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment y Health*, 34(4), 297–306. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1268>

Wolkoff, P. (2018). Indoor air humidity, air quality, y health – An overview. *International Journal of Hygiene y Environmental Health*, 221(3), 376–390. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.01.015>

Yin, J., Zhu, S., MacNaughton, P., Allen, J. G., Spengler, J. D. (2018). Physiological y cognitive performance of exposure to biophilic indoor environment. *Building y Environment*, 132, 255–262. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2018.01.006>

Zhang, J., Sun, C., Liu, W., Zou, Z., Zhang, Y., Li, B., Zhao, Z., Deng, Q., Yang, X., Zhang, X., Qian, H., Sun, Y., Sundell, J., Huang, C. (2018). Associations of household renovation materials y periods with childhood asthma, in China: A retrospective cohort study. *Environment International*, 113, 240–248. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.001>

María José Araya León

Doctora Cum Laude en Arquitectura, Máster en Diseño, Arquitecta y Ergonomista.

Actualmente, es investigadora en la línea de Decoding Well-Being de Elisava Research, codirectora del máster en Design for One Health y académica en la misma institución. Paralelamente, se desarrolla como arquitecta en maLeon Arquitectura y TEMA Studio.

Su campo de investigación se centra en las bases psicológicas, cognitivas y biológicas de la experiencia arquitectónica, con el objetivo de contribuir al bienestar integral del ser humano, a través de la codificación y parametrización de su relación con el entorno construido. Desde el diseño basado en la evidencia, la mirada sistémica, la ergonomía y los principios de la neuroarquitectura.

Ainoa Abella García

Doctora en Estadística e Investigación Operativa por la UPC e Ingeniera en Diseño Industrial por Elisava. Actualmente, es responsable del Programa de Estudios Simultáneos, profesora en Elisava e investigadora dentro de la línea Decoding Wellbeing en Elisava Research. Su trabajo y publicaciones se centran en la parametrización de las emociones, la experiencia del usuario, el bienestar y la percepción de materiales, a través de la ingeniería kansei y la aplicación de la estadística y la visualización de datos.

Ricardo Guasch Ceballos

Doctor en Arquitectura por la UPC, 2011.

Miembro de la línea de investigación Decoding Wellbeing, en el área de Research de Elisava. Desde 2017 Profesor en la Escuela Elisava desde 1994. Ha sido Director Académico de Elisava entre 2011 y 2014. Actualmente es Director del Máster en Diseño de Interiores para Hoteles, Bares y Restaurantes. Codirector del Máster en “Diseño del Espacio Interior”. Director del máster en Diseño de Interiores de Shifta-Elisava. Coordinador de Área de Másteres de Elisava.

Profesor asociado en el Departamento de Composición Arquitectónica, en la ETSA Vallès – UPC, entre 1993 y 2011.

Ejercicio profesional de la arquitectura desde 1985.
Ver LinkedIn: ricardoguasch

Javier Peña Andrés

Javier Peña es un apasionado de la energía, la frecuencia y la vibración como expresión del universo y la materia contenida en él. Profesor universitario y divulgador científico desde 1998, se doctoró en Ciencias Químicas en el año 2000.

Javier ejerce desde 2016 como Director General de Elisava, institución en la que fue Jefe de Estudios del Grado en Ingeniería de Diseño Industrial entre los años 2010 y 2016, y codirector del Máster en Producción Gráfica y Packaging, entre 2004 y 2008.

Centra su investigación en los nuevos materiales funcionales, su interacción con la vida, su relación con el entorno y su selección durante el proceso de diseño. Fundador de Materfad en 2008 y Director Científico hasta 2018, ha comisariado diversas exposiciones y es autor y editor de diversos libros y artículos en el ámbito de los materiales.



Política de acceso abierto

La Revista Artificio proporciona un acceso abierto a su contenido, basado en el principio de que ofrecer un acceso libre a las investigaciones ayuda a incrementar el intercambio global del conocimiento. Artificio no cobra ni cobrará ningún cargo a sus lectores por concepto de suscripción, ni a los autores por enviar, procesar o publicar sus artículos.

Como condición de publicación, los autores acuerdan liberar sus derechos de autor bajo una licencia compartida, específicamente la licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a cualquier persona compartir, copiar, transformar y redistribuir el material en cualquier medio o formato bajo los siguientes términos:

- *Dar crédito al autor del texto
- *No hacer uso del material con propósitos comerciales
- *Compartir: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- *Adaptar: remezclar, transformar y crear obras derivadas del material
- *Si se remezcla, transforma o crea obras derivadas del material, se deben distribuir las nuevas contribuciones bajo la misma licencia que la original.