
VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES



Julio - Diciembre 2020 Año. 4 Núm. 8

Universidad de Guadalajara
Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables

REVISTA CIENTÍFICA

VIVIENDA Y COMUNIDADES SUSTENTABLES

Julio-Diciembre 2020 Año 4 Núm. 8
ISSN: 2594-0198



LABORATORIO NACIONAL DE VIVIENDA
Y COMUNIDADES SUSTENTABLES



Universidad de Guadalajara
Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables

Directorio

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Rectoría General Ricardo Villanueva Lomelí
Vicerrectoría Ejecutiva Héctor Raúl Solís Gadea

CENTRO UNIVERSITARIO DE ARTE, ARQUITECTURA Y DISEÑO

Rectoría Francisco Javier González Madariaga
Secretaría Académica María Dolores del Río López
Secretaría Administrativa Everardo Partida Granados

CONSEJO EDITORIAL

Director responsable Fernando Córdova Canela
Editora responsable Verónica Livier Díaz Núñez
Coordinación editorial Celina Yunuén Castillo Moya

CONSEJO DIRECTIVO

Gabriel Castañeda Nolasco (Universidad Autónoma de Chiapas-México), Fernando Córdova Canela (Universidad de Guadalajara-México), Elvira Maycotte Pansza (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-México) y José Manuel Ochoa de la Torre (Universidad de Sonora-México).

COMITÉ EDITORIAL

Ariel García Núñez (Universidad de Guadalajara-México), Arturo Gleason Espíndola (Universidad de Guadalajara-México), José Luis Sandoval Granados (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-México), Ruber Trujillo Samayoa (Universidad Autónoma de Chiapas-México), Gilberto Velázquez Angulo (Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-México), Glenda Bethina Yanes Ordiales (Universidad de Sonora-México).

COMITÉ CIENTÍFICO

Domingo Acosta (Universidad Central de Venezuela-Venezuela), Fernando Aragón Durand (Colegio de México-México), Pedro Arrojo Agudo (Universidad de Zaragoza-España), María Guadalupe Alpuche Cruz, Universidad de Sonora - México), María Villada Canela (Universidad Autónoma de Baja California - México), Guillermo Boils Morales (Universidad Autónoma de México-México), Nájila Cabral (Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará-Brasil), Adeildo Cabral da Silva (Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Ceará-Brasil), Ana Córdova y Vázquez (Colegio de la Frontera Norte-México), Eduardo González Cruz (Universidad de Zulia-Venezuela), Daniel González Romero (Universidad de Guadalajara-México), Agustín Hernández Aja (Universidad politécnica de Madrid-España), Michael Janoschka (Universidad de Leeds-Reino Unido), David K. Adams (Universidad Autónoma de México-México), Eloy Méndez Sainz (Universidad Autónoma de Puebla-México), Alicia Mimbacas (Universidad de la República-Uruguay), Carlos Miranda Zuleta (Universidad Católica del Norte-Chile), Tomas Moreira (Universidad de São Paulo-Brasil), Adolfo Narváez Tijerina (Universidad Autónoma de Nuevo León-México), Ingrid Ethel Roche Lowzy (Universidad de la República-Uruguay), Isabel Rodríguez Chumillas (Universidad Autónoma de Madrid-España), Ariel Ruchansky Lemes (Universidad de la República-Uruguay), Claudia Tomadoni (Universidad de Jena-Alemania) Humberto Varum (Universidad de Porto-Portugal).

Vivienda y Comunidades Sustentables, Año 4, Núm. 7, enero-junio 2020 es una publicación digital, en forma semestral editada por la Universidad de Guadalajara a través del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables (LNVCS) Conacyt del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. Ubicada en Calzada Independencia Norte 5075, Edificio LNVCS, Col. Huentitán el Bajo, C.P. 44250, Guadalajara, Jalisco, México. Tel. (+52 33)1202-3000 Ext. 38783 Correo electrónico: revista.lnvcs@gmail.com Dirección web: <http://www.revistavivienda.cuaad.udg.mx>. Editora Responsable: Verónica Livier Díaz Núñez. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo: 04-2016-1115122500-203. ISSN: 2594-0198, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Fecha de publicación: 01 de diciembre de 2018.

Las opiniones y los comentarios expresados por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

ACERCA DE LA REVISTA

La Revista *Vivienda y Comunidades Sustentables*, es un espacio de difusión del conocimiento científico y tecnológico original en materia de vivienda y comunidades sustentables, que considera a este binomio como un objeto de estudio complejo, cuyos procesos inciden de manera importante en los procesos de la ciudad y el territorio, por lo tanto su estudio puede llevarse a cabo desde diferentes disciplinas y con distintos alcances, desde su estudio como área de conocimiento que requiere de la atención por parte del sector industrial, que requiere ser considerado como un derecho humano fundamental y como una oportunidad para coadyuvar la sustentabilidad en sus diferentes acepciones y escalas de intervención urbana y territorial. Esta revista busca generar un espacio de difusión del conocimiento, con un enfoque innovador, plural, experimental y multidisciplinar, y se encuentra vinculada con el Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables Conacyt, al formar parte de su estrategia editorial.

Contenido

Editorial	7
José Arturo Gleason Espíndola	
Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, a partir del City Resilience Index	9
Paola Lizbeth Cabrera Andrade, Dora Angélica Correa Fuentes y Peter Chung Alonso	
Evaluación de satisfacción: espacio público contiguo a la vivienda de interés social	39
Selenne Galeana Cruz	
Ahorro energético en vivienda social mediante la implementación de materiales regionales	59
Cesar Armando Guillén Guillén y Alberto Muciño Vélez	
Huertos urbanos como estrategia de resiliencia urbana en países en desarrollo	81
Diana Susana Urías Borbón y José Manuel Ochoa de la Torre	
Efecto de las tecnologías de bajo impacto en el tratamiento del agua de escorrentía urbana	103
Gabriela Alejandra Vázquez Rodríguez, Joyce Edith Ortiz Hernández y Liliana Guadalupe Lizárraga Mendiola	
Reseña: The Water Sensitive City	117
Arturo Gleason Espíndola	
Acerca de los autores	119

Editorial

JOSÉ ARTURO GLEASON ESPÍNDOLA

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.154>

La *Revista de Vivienda y Comunidades Sustentables* es un espacio de difusión del conocimiento científico y tecnológico original en materia de vivienda, desarrollo urbano, políticas públicas y comunidades sustentables. Esta revista trata sobre otros temas vinculados considerados objetos de estudio complejos, cuyos procesos forman parte de la ciudad y el territorio, de modo que pueden ser reinterpretados desde distintas perspectivas: desde el sector industrial, como un derecho humano fundamental y como una oportunidad para coadyuvar a la sustentabilidad a escalas urbana y territorial, desde un enfoque innovador, plural, experimental y multidisciplinar, que forma parte de la estrategia editorial del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables del CONACYT. Este sexto número lo integran siete artículos relacionados con el urbanismo sustentable, las innovaciones en procesos y materiales de construcción, así como la historia de la arquitectura.

El primer artículo plantea un modelo para medir la resiliencia en espacios públicos a través de un índice llamado *City Resilience*. Dado que las ciudades son sistemas complejos donde se tiene que desarrollar la resiliencia como un instrumento para enfrentar sus impactos y tensiones mediante un modelo de medición, este índice surge a partir de recopilación de documentos que seleccionan indicadores que evalúan el espacio

público bajo una visión resiliente. Se utiliza una metodología basada en preguntas que se responden a través de escenarios codificados para su valoración cuantitativa y mecanismos de medio que captan datos que se tabulan y generan un perfil de resiliencia.

El segundo trabajo consiste en evaluar la satisfacción obtenida mediante un proceso de apropiación y uso del espacio público contiguo a la vivienda a través de dos dimensiones de análisis, la arquitectónica-urbana y la socioeconómica, utilizando una metodología mixta, cualitativa y cuantitativa. Como resultado de la aplicación de esta metodología en varios casos en México, se concluye que se han obtenido secuelas contrarias a la satisfacción, ya que las condicionantes físicas y materiales, como las socioeconómicas, son determinantes de la habitabilidad.

El tercer artículo que los materiales tradicionales que emplean en la construcción de la envolvente de la vivienda social en climas cálido-húmedos pueden ser sustituidos por materiales regionales, ya que, al ser evaluados por su conductividad térmica, los primeros son ineficientes porque afectan la habitabilidad interior, y los segundos presentaron un adecuado desempeño. A raíz de estos trabajos de evaluación se concluye que la selección de materiales para la configuración de envolventes con respuesta térmica eficiente en la región debe ser antes del diseño.



El cuarto trabajo plantea que los huertos urbanos son una estrategia para disminuir el impacto de crisis económicas y naturales y sociales en ciudades de países en desarrollo. A través de este trabajo se analizan casos en varios países en diferentes contextos climáticos, económicos y sociales para identificar cuáles pueden replicarse en contextos parecidos. Se destaca que, cuando los huertos urbanos son implementados en zonas de riesgo de inundación, absorben el agua y detienen los escurrimientos superficiales, y además

brindan beneficios económicos, pues generan ingresos significativos e inclusive generan empleos.

El quinto artículo describe el impacto de tecnologías de bajo impacto en el tratamiento de los escurrimientos urbanos a través de la evaluación de una celda de biorretención. El trabajo describe los componentes constructivos de la estructura y la metodología de pruebas. Para evaluar el efecto de la celda en la calidad del agua se utilizó un índice para el agua de escorrentía urbana (AEU) que se utilizó antes y después de recibir tratamiento. Se concluye que este tipo de tecnología ayuda a mejorar la calidad del agua.

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, a partir del City Resilience Index

*Resilience measurement model in public spaces,
based on the City Resilience Index*

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.135>

PAOLA LIZBETH CABRERA ANDRADE

<https://orcid.org/0000-0003-4849-1251> / arq.paolacabrera@gmail.com

DORA ANGÉLICA CORREA FUENTES

<https://orcid.org/0000-0002-1804-5480> / dora.correa@itcolima.edu.mx

PETER CHUNG ALONSO

<https://orcid.org/0000-0002-3724-1938> / peter.chung@itcolima.edu.mx

Instituto Tecnológico de Colima, México

Recepción: 6 de diciembre de 2019. Aceptación: 21 de abril de 2020

RESUMEN

El City Resilience Index es un instrumento de medición de resiliencia urbana estructurado en cuatro dimensiones, doce metas como objetivo y cincuenta y dos indicadores, que conforma una herramienta de aplicación en la ciudad. Considerado los espacios públicos, factores que constituyen y estructuran la ciudad, elementos complejos y vulnerables, es primordial desarrollar la resiliencia como medio para afrontar sus impactos y tensiones; ella se adquiere mediante la adecuación o el escalamiento de este modelo de medición.

La recopilación documental que respalda la selección y la posterior adaptación de los indicadores, su revisión y análisis para la propuesta de escalamiento, permite la evaluación integral del

espacio público desde la perspectiva resiliente; esto determina un planteamiento metodológico para su evaluación, mediante el desarrollo de preguntas de análisis, respondidas en escenarios codificados para su valoración cuantitativa; herramientas de medición y recaudación de datos para su tabulación y la generación del perfil de resiliencia.

Se preparó una guía con treinta y ocho indicadores, derivados de doce metas y cuatro dimensiones, como medio de evaluación cuantitativo para el mapeo de información; se delimitaron ciento catorce preguntas y escenarios que permiten generar el perfil de resiliencia de los espacios públicos que en el futuro pueda ser aplicado en un caso de estudio.

Palabras clave: espacio público, indicador, resiliencia, urbanismo



ABSTRACT

The City Resilience Index is an urban resilience measurement instrument; structured in four dimensions, twelve goals as a target and fifty-two indicators, that forms a city-level application tool. Considering public spaces, complex and vulnerable factors constituting and structuring the city; then it is essential to develop resilience as a means of dealing with the impacts and tensions of it; by adapting or scaling this measurement model.

Documentary compilation, which supports the selection and subsequent adaptation of indicators; its review and analysis for the escalation proposal enables the comprehensive assessment of public space from a resilient perspective; this determines a methodological approach to its evaluation, by developing analysis questions, solved in coded scenarios for quantitative assessment; measurement and data collection tools, for tabulation and resilience profiling.

A guide was demarcated with thirty-eight indicators, derived from twelve goals and four dimensions, as a means of quantitative evaluation for the mapping of results; fourteen hundred questions and scenarios were delimited to generate the resilience profile; and in the future be applied in a case study.

Keywords: public space, indicator, resilience, urbanism

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las ciudades se encuentra en constante cambio debido a su crecimiento acelerado, que genera la necesidad del establecimiento y la adaptación de estrategias y políticas públicas que encaminen la estructura de la ciudad; según su crecimiento, su desarrollo y sus características se desprenden un gran número de metas e instrumentos que buscan resolver las adversidades y los desafíos actuales de las ciudades, como el cambio climático, la globalización, el crecimiento poblacional, así como aspectos de equipamiento

e infraestructura, sanidad y todos aquellos que forman parte de la estructura de la ciudad y el desarrollo poblacional.

Los espacios públicos son importantes en la vida cotidiana porque cumplen funciones materiales tangibles cuyo fin es satisfacer las necesidades urbanas que trascienden los límites de los intereses individuales; ellos elevan la calidad en los espacios públicos abiertos, contribuyen a la promoción de zonas habitables bien diseñadas y confortables y privilegian la sustentabilidad (Pascual y Peña, 2012).

Sin embargo, la dinámica propia de la ciudad y el comportamiento de la población pueden crear espacios públicos que no estaban destinados; existen datos que demuestran que se están perdiendo espacios de convivencia en lugar de ser aprovechados por sus habitantes, debido a las tensiones y los impactos por que se ven amenazados (ARUP, 2015).

Por su parte, el concepto de resiliencia se convirtió en elemento necesario para imponerse en la retórica, desde las políticas públicas hasta declaraciones internacionales y reflexiones académicas. Junto con el desarrollo sostenible se vuelve un término difícil de omitir cuando se abordan la vulnerabilidad o las políticas de riesgo para las ciudades (Metzger y Robert, 2013).

Determinar cómo desarrollar las ciudades de forma más resilientes es uno de los retos relevantes en el paisaje urbano actual (Leyva, Pancorbo, Encarnación, Erazo, y Lapeña, 2018). Se debe establecer diferentes conceptos, como el urbanismo sostenible y la arquitectura resiliente, dentro de un contexto mundial complejo que afronta diversos fenómenos, como desastres naturales y fenómenos antrópicos.

Actualmente existen internacionalmente modelos que evalúan los espacios públicos, como la organización norteamericana Project for Public Spaces (2018); fundada en 1975 en Nueva York, establece el modelo *Placemaking*, como un proceso accesible a cualquier persona que permite explorar la creatividad de las ciudades y ayudar a la población a transformar los espacios públicos, para que se revitalizan como espacio íntegro,

lo que admite contar con un panorama de la estructura, las áreas y las metas que conforman un espacio público exitoso.

Entrando en el área de Latinoamérica, en Cuba, si bien no se encuentra un modelo, se obtiene una referencia metodológica con “Espacios abiertos de uso público”, de Pascual y Peña (2012). Este artículo plantea una metodología para la clasificación de los espacios abiertos de uso público; los autores muestran los resultados de las últimas tres décadas abordando la problemática y el diseño urbano que tuvieron dichos espacios. El desarrollo metodológico, que lleva por título “Una metodología sistemática para el análisis de los espacios públicos” (Moro, 2011), plantea cómo la sociedad moderna sufre de transformaciones sociales que, en la ciudad de La Plata, Argentina se vienen produciendo desde la década de los años 90.

El concepto de resiliencia urbana se establece como la capacidad de adaptación y transformación del sistema ciudad cuando ha recibido un impacto o tensión (las tensiones se presentan de manera constante, como los índices de desempleo, violencia, inseguridad, escases de agua, etc. Los impactos, son eventos repentinos o puntuales, como temblores, inundaciones, pandemias o ataques terroristas (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2016)), mediante una acertada evaluación, planeación y actuación de respuesta, para lograr la habilidad de continuidad en su funcionamiento (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

Como disciplina urbana, en el contexto internacional se toma relevancia en 2012, con el manual “Cómo desarrollar ciudades más resilientes”, dirigido a los líderes de los gobiernos locales y responsables de la formulación de políticas para apoyarlos en las políticas públicas, la toma de decisión y organización cuando ejecutan acciones de reducción de riesgo de desastres y de resiliencia (Organización de las Naciones Unidas, 2012). La ONU en su Foro-Habitat, en referencia a los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* (2015), propone la Nueva Agenda Urbana (2016), donde se establecen líneas de acción y políticas que au-

mentan la resiliencia y la capacidad de respuesta ante los peligros naturales y antropogénicos, y se fomenta la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos en las ciudades.

La *Guía de resiliencia urbana* (2016), diseñada para ser utilizada por las autoridades municipales a lo largo y ancho del país, describe paso a paso la metodología para obtener el perfil de resiliencia urbana (CRPP) de cada región; por su parte, el Gobierno de México, en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, trabajó en tres acciones distintas: prevención de riesgos, implicación de estos a través de obras de prevención, y creación de un perfil de resiliencia para dieciocho ciudades con la metodología CRPP a través de la Red de Ciudades Resilientes en México; actualmente la ciudad de Manzanillo, Colima, forma parte (Organización de las Naciones Unidas, 2017).

The Rockefeller Foundation crea cien Resilient Cities (2018), un programa que busca el fomento y la estructuración de un perfil de resiliencia urbana en las ciudades participantes del proyecto; junto con ARUP (2014), desarrolló el *Resilience Index* (ARUP, 2014), un modelo precursor que busca abonar en la resiliencia urbana, con un índice compuesto por cuatro dimensiones que permiten generar una evaluación y un perfil de la ciudad. Este es un claro panorama de las necesidades y oportunidades a trabajar en búsqueda de la resiliencia del sistema ciudad.

La reciente integración de la ciudad de Colima al programa “100 Resilient Cities”, de la Fundación Rockefeller (2017) y al marco establecido en la Estrategia de Resiliencia de la Ciudad de Colima, presentada en 2019 con la colaboración de la oficina Colima Resiliente, H. Ayuntamiento de Colima y 100 Resilient Cities (2019), donde se establecen ejes como “Colima Preparada y Preventiva” y “Colima Compacta Conectada e Integrada”, de los cuales se desprenden estrategias para la resiliencia en las prácticas sociales y el mejoramiento urbano.

Se establece la relevancia de la interacción de la sociedad en los espacios públicos abiertos, como elemento fundamental del sistema ciudad, debido

a que la ciudad durante el siglo XXI ha afrontado tensiones y problemas que han elevado los índices de inseguridad al doble de la media nacional (INEGI, 2018), o a la incapacidad de la sociedad para ajustarse y adaptarse adecuadamente a su entorno, lo que propicia una alta vulnerabilidad frente a fenómenos naturales a que está expuesta (Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, 2014), pues ha sobrepasado la capacidad del sistema ciudad. Además, el éxito del espacio público no depende únicamente de las cosas tangibles, ya que involucra muchos aspectos cualitativos que favorecen el éxito del espacio.

La información mencionada permite adecuar un índice específico que respalde de manera determinada la evaluación de la resiliencia en los espacios públicos abiertos, debido a que los índices que miden la resiliencia se encuentran enfocados en un nivel macro, y consideran la ciudad como universo. Debido a la integración de la ciudad de Colima al programa *100 Resilient Cities*, a la creación de la Oficina de Resiliencia de la Ciudad de Colima y a la publicación de la Estrategia de Resiliencia para la ciudad de Colima, se tiene como objetivo la generación de un modelo de medición de la resiliencia para los espacios públicos, mediante la adaptación del City Resilience Index, lo que consiste en el escalamiento desde un sistema ciudad a un nivel de espacios públicos, mediante la identificación, el análisis y la selección de indicadores, instrumentos, escenarios y análisis de información a partir de la metodología desarrollada en el City Resilience Index (2014). Con la hipótesis de que el Resilience Index, es una metodología flexible, que permite ser desarrollada y adecuada a diferentes escalas dentro del sistema ciudad, lo que permite la generación del modelo en espacios públicos.

Es de relevancia establecer el vínculo entre los resultados y las propuestas conceptuales, que profundizan las perspectivas espaciales y sociales de la resiliencia urbana, y pueden ayudar a tomar mejores decisiones en cuanto a la preparación de las ciudades ante los fenómenos naturales y antrópicos (Zuñiga y Egler, 2016). Se plantea esta propuesta de escalamiento de mo-

delo metodológico como un instrumento que permita el diagnóstico de los espacios públicos de manera eficiente en la ciudad de Colima y que funcione como medio para el análisis, la evaluación y el análisis de información, enfocado en responder preguntas específicas en cada espacio público, como: ¿En qué estado se encuentra el espacio público? ¿Hacia dónde se quiere orientar su desarrollo?, y, sobre todo: ¿Qué se necesita para trabajar de manera efectiva en el desarrollo de la resiliencia?

Destinado a organismos públicos, gubernamentales y académicos involucrados en temas de resiliencia en la ciudad, como el H. Ayuntamiento con la Oficina de Resiliencia de la Ciudad y el Instituto de Planeación de la Ciudad de Colima (2006), permitiendo una futura aplicación para evaluar y generar un perfil individual de los espacios públicos abiertos de la ciudad, funcionando como un instrumento diagnóstico para el sustento del análisis respecto de las áreas de mejora y oportunidad, así como las propuesta de soluciones a los problemas actuales, considerando la resiliencia como un elemento que permitirá la preparación y estrategia de volver a un estado favorable, después de ser afectado por impactos o tensiones, con una visión de anticipación y solución a los problemas que afecten a los espacios públicos y debiliten su función dentro del sistema ciudad.

METODOLOGÍA

El establecimiento del modelo surgió mediante la revisión del estado del arte de los indicadores que miden el espacio público, así como por la revisión, el estudio y el escalamiento de los indicadores para la medición de la resiliencia, sustentados en el Resilience Index (ARUP, 2014), y su sistema metodológico para la medición (ARUP, 2016), desde un nivel de ciudad a un nivel específico, como los espacios públicos. Se establecen las diferentes herramientas, los procesos y los métodos para el desarrollo de la investigación, con el objetivo de adaptar un modelo de medi-

ción de la resiliencia para los espacios públicos abiertos. La metodología planteada se representa de manera esquemática en la figura 1, a partir de la adaptación del City Resilience Index.

1. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE RESILIENCIA

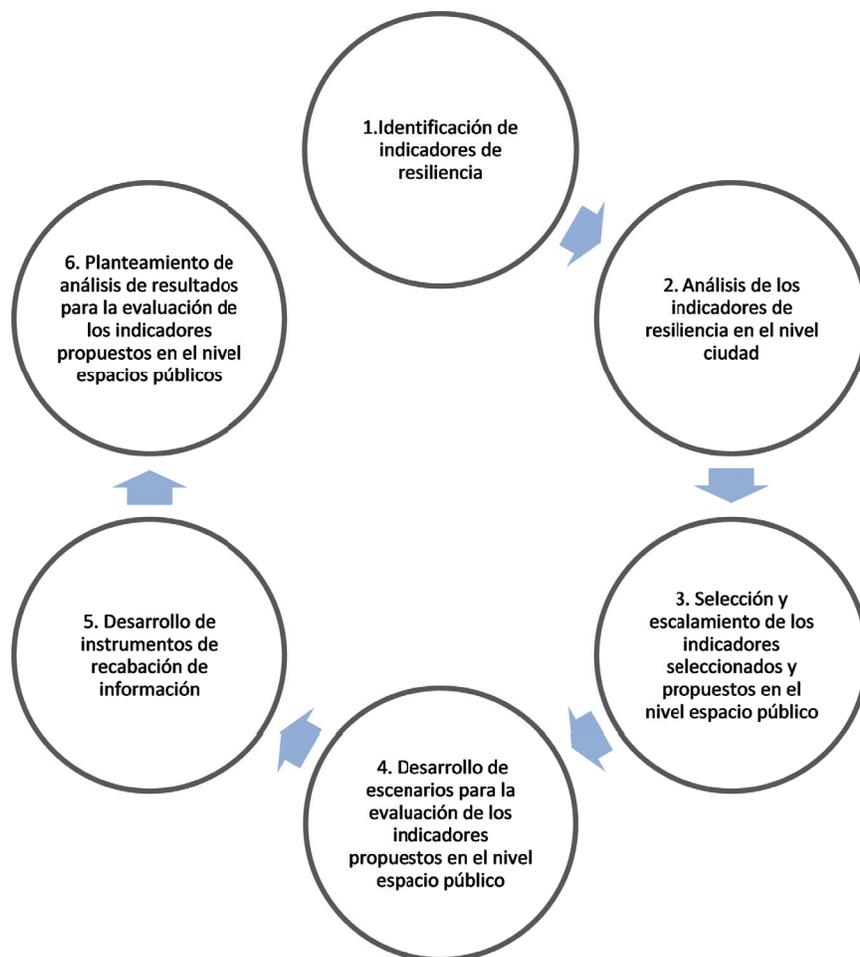
La metodología aborda la identificación de indicadores de resiliencia determinados de manera internacional, mediante el desarrollo de una investigación documental basada en diferentes

repositorios académicos, como EBSCO, DOAJ, REDALYC, SCIELO, Latindex, entre otros, priorizando las fuentes primarias. Se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- a. Estrategias desarrolladas y aplicadas en cualquier país.
- b. Información publicada con una antigüedad no mayor de diez años.
- c. Constituida por organizaciones o instituciones con relevancia en el tema (Iniciativa pública y sector público).
- d. Actividades que generaron productos, desde documentos, planes, estrategias o proyectos.

FIGURA 1

Desarrollo metodológico para la generación del modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos a partir del City Resilience Index.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

2. ANÁLISIS DE LOS INDICADORES DE RESILIENCIA EN EL NIVEL CIUDAD

Se desarrolló una tabla de análisis a partir del *City Resilience Index* (ARUP, 2014), donde se consideran todos los indicadores propuestos por el Index; se revisó y analizó la información perteneciente a los 52 de manera compacta, y se estableció número de indicador, nombre y definición¹ (cuadros 2, 3, 4 y 5). Durante este proceso se trabajó de manera conjunta con la oficina de resiliencia de la ciudad de Colima, como asesor externo del proyecto en términos de análisis y ser un referente del trabajo *The Rockefeller Foundation y 100 Resilient Cities*.

3. SELECCIÓN Y ESCALAMIENTO DE LOS INDICADORES DE RESILIENCIA DESDE EL NIVEL CIUDAD HASTA EL NIVEL DE ESPACIOS PÚBLICOS

Como segunda etapa, con posterioridad al análisis de los 52 indicadores propuestos por el Index se realizó un escalamiento² de dichos indicadores, y se seleccionó los que fueran concernientes a la evaluación en los espacios públicos abiertos, mediante criterios de inclusión y exclusión; se descartaron los que no tuvieron una injerencia directa. Por consiguiente, se seleccionaron y escalaron los correspondientes a pertinencia, capacidad de evaluación y flexibilidad de adecuación en el espacio público abierto (cuadros 2, 3, 4 y 5).

Por parte de la metodología del Index se tienen establecidas 156 preguntas que cubren de manera integral los sistemas urbanos de una ciudad, correspondiente a sus 52 indicadores, en este caso a partir de la selección o la adecuación pertinente a los indicadores aplicables al espacio público abierto para la evaluación de la resiliencia; se establecieron las preguntas correspondientes a

los indicadores y se conformó una tabla donde se delimita la dimensión, el objetivo, la meta, el número de indicador y las preguntas establecidas en el escalamiento (cuadro 6).

4. DESARROLLO DE ESCENARIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES PROPUESTOS EN EL NIVEL ESPACIO PÚBLICO

Los escenarios se plantean de acuerdo con las preguntas que fueron establecidas para cada indicador, mediante la adaptación del sistema de escenarios propuestos por ARUP, en el *City Resilience Index*, mediante la *Measurement Guide* (ARUP, 2016). Se desarrolla un sistema de fichas con el esquema propuesto en el cuadro 1, donde se desarrolla el sistema de escenarios, guías métricas y medidas a recabar para el posterior análisis de la información.

5. DESARROLLO DE INSTRUMENTOS DE RECABACIÓN DE INFORMACIÓN

Sobre la base de las medidas establecidas en cada escenario e indicador para el desarrollo de instrumentos de recabación de información donde se delimita un rango que permita el manejo de la información de manera integral, de acuerdo con las necesidades cualitativas o cuantitativas de las medidas establecidas, algunos de los instrumentos son:

- Guías de observación
- Encuestas.
- Entrevistas
- Mesas de trabajo

Se estableció la codificación de resultados de acuerdo con Hernández (2016), debido a que es necesario analizar cuantitativamente los datos (aplicar análisis estadístico). Lo que conllevó a delimitar un rango de puntuación de acuerdo con el valor de los escenarios, ejemplo:

- Totalmente en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni de acuerdo ni en desacuerdo

1. El documento original se encuentra en inglés; dentro de la tabla de análisis se realiza una traducción al español.

2. Este escalamiento hace referencia a la selección de los indicadores, además de la adecuación de los que son pertinentes para la evaluación de la resiliencia en los espacios públicos

CUADRO 1

Esquema de escenario, con base en el Resilience Index, donde se establecen los apartados a desarrollar para cada pregunta

Núm. de indicador	Nombre de indicador	Núm. de pregunta
Pregunta		
Base de medición	Mejor escenario (5 pts)	Peor escenario (1 pts)
	Se describe el mejor escenario planteado para el espacio público concerniente al tema a desarrollar por el indicador con el enfoque de la pregunta establecida	Se describe el peor escenario planteado para el espacio público concerniente al tema a desarrollar por el indicador con el enfoque de la pregunta establecida.
Medición cuantitativa	Medidas preferidas	Guía métrica
	Hace referencia a la medida predilecta de acuerdo con una hipótesis inicial del escenario para el espacio público a evaluar.	Presenta la descripción de la referencia de las medidas puntuales correspondientes al determinado enfoque del indicador y la pregunta establecida.
	Medidas	
	Corresponde a la puntualización de las medidas necesarias (datos propuestos a recabación) para generar el compendio de información útil, para su posterior análisis y determinación de rango del puntaje de acuerdo con el mejor y el peor escenario.	

Fuente: Elaboración propia, 2019, basada en el Resilience Index.

- De acuerdo
- Totalmente de acuerdo

6. PLANTEAMIENTO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES PROPUESTOS EN EL NIVEL DE ESPACIOS PÚBLICOS

La evaluación City Resilience Index (CRI) permite a los actores comprender y medir su desempeño de resiliencia de manera integral, ya que está diseñado como una autoevaluación flexible. Debido a que el proceso de evaluación guía sistemáticamente el uso de las herramientas fuera de línea y en línea del CRI para la planificación de la evaluación, la asignación de tareas, la recopilación de datos y el análisis de la información de la evaluación (ARUP y Rockefeller Foundation, 2018).

Después de la etapa de recopilación de datos y las medidas establecidas en cada escenario, para dar respuesta a la pregunta planteada en cada indicador es necesaria la integración de los tres principales actores involucrados en el espacio público (actores gubernamentales, técnicos y sociales) para la interpretación de la información

y el establecimiento de un rango a través de los escenarios. Las dimensiones, mediante la tabulación de resultados obtenidos en campo a través de los instrumentos, compaginándolo con el análisis de los escenarios para la fundamentación de medidas cuantitativas, sobre la base del rango de peor escenario (1 pts) y mejor escenario (5 pts), mediante un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp, que permitan el establecimiento de una gráfica de polígono, la cual mapea los resultados obtenidos del levantamiento, vaciado y análisis de datos obtenidos del espacio público evaluado a partir de la media establecida en cada medida, pudiendo establecerse desde cada indicador, meta, dimensión y de manera global, representada de manera gráfica, para así establecer un perfil que permite observar los rangos concernientes a los elementos del espacio público resiliente (figura 3)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El CRI (ARUP, 2014) se comprende por cuatro dimensiones; es importante la definición de las cuatro dimensiones clave que integran el mode-

lo, las cuales son: Salud y Bienestar, referente a sistemas que aseguran la salud y el bienestar de las personas que viven y trabajan en la ciudad; Economía y Sociedad, referente a los sistemas sociales y financieros que permiten a las poblaciones urbanas vivir pacíficamente y actuar colectivamente; Infraestructura y Medio Ambiente, que comprende los sistemas construidos y naturales que brindan servicios críticos, protegen y conectan a los ciudadanos urbanos, y Liderazgo y Estrategia, que es la necesidad de tomar decisiones informadas, inclusivas, integradas e iterativas en nuestras ciudades.

Las cuatro dimensiones se integran los 52 indicadores iniciales y las doce metas; en este caso lo más importante respecto del escalamiento realizado es la etapa de identificación, análisis, selección y escalamiento, se estructuró en cuatro apartados, separados por dimensiones, se adecuó el objetivo y el alcance de cada dimensión para ser dirigido a los espacios públicos, y se enmarcan las metas que comprenden (cuadros 2, 3, 4 y 5).

Salud y Bienestar tiene como objetivo asegurar la salud y la prosperidad de todos los que interactúan con el espacio público; esta dimensión se relaciona con las personas vinculadas a través de este espacio. Considera la medida en que permite satisfacer las necesidades de los servicios en tiempos de crisis. Discurre en las diversas oportunidades de financiamiento y fomento para el espacio público. Finalmente, considera si puede

salvaguardar la salud de la población a través de las disposiciones de programas, campañas y proyectos. Esta dimensión tiene las metas de: mínima vulnerabilidad humana, diversos medios de financiamiento y fomento y, por último, la salvaguarda efectiva para la salud humana y la vida, donde se establece la selección de siete indicadores de los catorce propuestos originalmente por el Index (cuadro 2).

Economía y sociedad se define como los sistemas sociales y financieros que permiten a la sociedad vivir pacíficamente y actuar colectivamente en el espacio público; esta dimensión se relaciona con la organización del espacio público, en cómo los sistemas sociales y económicos permiten a la sociedad vivir en paz y actuar colectivamente. Se incluyen dentro de esta dimensión los sistemas que fomentan la seguridad y el orden. También se consideran la identidad colectiva y el apoyo comunitario, debido a que los espacios públicos son un elemento estructurador y ocupan un lugar importante en la ciudad. Sus metas son: Identidad colectiva y apoyo comunitario, seguridad integral y Estado de derecho, y economía sustentable. Considerando que el rasgo central que define a cualquier ciudad es su condición primigenia de ser el espacio para la sociedad y ello influye directamente en la estructuración y organización de su espacio físico (Rangel, 2002), se seleccionaron nueve de los trece indicadores que conforman esta dimensión en el Index (cuadro 3).

CUADRO 2

Dimensión Salud y Bienestar, tabla de análisis y selección de indicadores, para el escalamiento en el nivel espacio público

Salud y Bienestar					
Asegurando la salud y bienestar de todos los que viven y trabajar en la ciudad					
META	No	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
Mínima vulnerabilidad humana	1	Vivienda segura y asequible	Vivienda segura asequible para todos los ciudadanos.	No	El espacio público no es área de desarrollo de vivienda.
	2	Suministro de energía asequible y adecuado	Suministro de energía suficiente y asequible para todos.	Si	El espacio público necesita el suministro de energía para el desarrollo de actividades en cualquier hora del día.
	3	Acceso inclusivo al agua potable	Acceso a un suministro adecuado de agua potable.	Si	El espacio público necesita el suministro de agua para el desarrollo de actividades.
	4	Saneamiento efectivo	Saneamiento seguro, fiable y asequible para todas las áreas de la ciudad.	Si	El espacio público necesita un correcto manejo de aguas residuales y pluviales para el desarrollo de actividades que evite riesgos de inundación y sanitarios.
	5	Suficiente suministro de alimentos asequibles	Suministros de alimentos suficientes y asequibles para todos.	No	Dentro del espacio público no se considera el abastecimiento de alimentos.
Diversos medios de subsistencia y fomento	6	Políticas laborales inclusivas	Políticas y normas laborales inclusivas, con un sistema de bienestar eficaz para los grupos de bajos ingresos.	No	Los espacios públicos son destinados a recreación; es decir, son espacios donde los habitantes de una ciudad pueden expresarse de forma artística, deportiva y cultural, no laboral.
	7	Habilidades y capacitación relevantes	Mecanismos efectivos para emparejar las habilidades con el mercado de empleo actual y emergente.	No	No se establecen medidas respecto de la capacitación laboral en el mercado del empleo actual en el espacio público.
	8	El desarrollo empresarial local y la innovación	Entorno empresarial local próspero, adaptable e inclusivo.	No	Se refiere al marco del panorama empresarial dentro del sistema ciudad, no se corresponde directamente con el espacio público.
	9	Mecanismos de apoyo a financiación	Mecanismos de financiación inclusivos e ingeniosos que permiten a las empresas adaptarse a las circunstancias cambiantes y poner en marcha contingencias para los eventos de choque.	Si	Desarrollo de actividades, programas o apoyos que repercutan en el financiamiento del espacio público, como elemento de continuidad de los mismos durante eventos de choque.
	10	Protección diversa de los medios de subsistencia después de un impacto	Medidas ingeniosas e inclusivas para apoyar a las empresas y los trabajadores tras un impacto.	Si Adecuado	No se establecen condiciones laborales ni empresariales fuertes dentro de un espacio público, pero se adecua al fomento como medio de subsistencia para los espacios públicos.

Salud y Bienestar

Asegurando la salud y bienestar de todos los que viven y trabajar en la ciudad

META	No	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
	Indicador	Indicador			
Salvaguardas efectivas para la salud humana y la vida	11	Sistemas de salud pública robustos	La supervisión y la mitigación sólidas de los riesgos para la salud pública.		Sí Adecuado Los espacios públicos son destinados a recreación; es decir, son espacios donde los habitantes de una ciudad pueden expresarse de forma artística, deportiva y cultural, que fomenta la salud pública, además de considerarse como espacios de difusión para campañas/programas de la índole de salud pública.
	12	Acceso adecuado a la atención sanitaria de calidad	Acceso adecuado e inclusivo a la atención sanitaria general de calidad.	No	Se encuentra dirigido directamente a la atención médica en los residentes, lo que no es aplicable dentro del espacio público, y en el indicador anterior ya se tiene en consideración la salud pública dentro de los espacios públicos.
	13	Atención médica de urgencia	Servicios médicos de emergencia con recursos adecuados.	No	El objetivo de la atención médica de urgencia se considera dentro de los elementos pertenecientes al sector salud, se descarta debido a que se considera dentro del siguiente indicador, como primer punto de respuesta a emergencias.
	14	Servicios efectivos de respuesta a emergencias	Servicios de respuesta de emergencia con recursos adecuados.	Sí Adecuado	Los espacios públicos abiertos, como un elemento de congregación, se establecen como puntos de atención en caso de eventos de choque, por lo que es necesario fundamentar elementos y recursos que permitan la respuesta a emergencia dentro del espacio público.

Fuente: Elaboración propia, 2019, basada en el Measurement Guide del CRI (ARUP, 2016)

CUADRO 3

Dimensión Economía y Sociedad, tabla de análisis y selección de indicadores, para el escalamiento en el nivel espacio público

Economía y Sociedad					
Sistemas sociales y financieros que permiten a las poblaciones vivir pacíficamente y actuar colectivamente					
META	No Indicador	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
Identidad colectiva y apoyo comunitario	15	Apoyo de la comunidad local	Estructuras sociales cohesivas que brindan apoyo a nivel individual, doméstico y de la comunidad local.	Sí Adecuado	El establecimiento del espacio público como parte fundamental de las estructuras sociales es por lo que se integra como indicador para la evaluación de la cohesión social como medio de promoción a la colaboración.
	16	Comunidad cohesiva	Comunidades cohesionadas y armonizadas en toda la ciudad.	Sí Adecuado	Se aborda desde la contextualización de las relaciones de la sociedad dentro del espacio público, como un medio estructurador de la cohesión social, para el apoyo a la sociedad en eventos de choque y la colaboración.
	17	Identidad y cultura fuertes de toda la ciudad	Identidad y cultura local cohesionadas, en las que todos los ciudadanos sienten un sentimiento de pertenencia a la ciudad.	Sí Adecuado	Este indicador explora el sentido de la identidad colectiva a escala de espacio público. Examina el grado en que existe el espíritu, la cultura y la identidad.
	18	Ciudadanos activamente comprometidos	Los ciudadanos participan activamente, expresan opiniones y participan dentro de la sociedad.	Sí Adecuado	Este indicador analiza si la sociedad civil es capaz y está dispuesta a hacer una diferencia y a mejorar las tensiones que afectan a la resiliencia, se escala en el nivel espacio público.
Seguridad integral y estado de derecho	19	Sistemas efectivos para disuadir la delincuencia	Mecanismos integrados, colaborativos e ingeniosos para disuadir la delincuencia.	Sí Adecuado	Se establece como un indicador desde la parte de vigilancia ciudadana, como primera fuente para el descubrimiento de delincuencia dentro del espacio público.
	20	Prevención proactiva de la corrupción	Sistemas justos y transparentes para luchar contra la corrupción y promover la justicia.	No	Este elemento se refiere principalmente a la corrupción dentro del desarrollo organizacional de gobierno e instituciones. Se descartó debido a que no existe un nexo directo con el espacio público.
	21	Vigilancia policial competente	Medidas y sistemas policiales efectivos para una ciudad segura y segura.	Sí Adecuado	Se establece como la capacidad de los servicios de seguridad pública de tener acceso al espacio público, para atender incidentes delictivos, así como presencia en eventos de choque.
	22	Justicia criminal y civil accesible	Mecanismos efectivos, asequibles, imparciales y accesibles para promover la justicia y resolver disputas civiles.	Sí Adecuado	Se considera, desde la parte organizacional, como justicia civil; se referencia a la capacidad de la sociedad para establecer lineamientos de interacción y amonestaciones dentro del espacio público, que no permitan escalar la violencia.

Economía y Sociedad**Sistemas sociales y financieros que permiten a las poblaciones vivir pacíficamente y actuar colectivamente**

META	No Indicador	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
Economía sustentable	23	Finanzas públicas bien gestionadas	Supervisión y mitigación sólidas de los riesgos para la salud pública.	Sí Adecuado	Determinado como la gestoría de las finanzas, respecto de la inversión, el asesoramiento y la gestión dentro de lo atinente a los espacios públicos, para garantizar su subsistencia.
	24	Planificación integral de la continuidad de los negocios	Planificación de la continuidad de los negocios, ingeniosa, reflexiva y flexible en los sectores público y privado.	Sí Adecuado	Se escala como elemento regulador de las actividades comerciales dentro del espacio público, como vendedores ambulantes o concesiones de negocio dentro del espacio, respecto de la parte organizacional, permisiva/restrictiva y gestora de la diversificación en el espacio público.
	25	Base económica diversa	Economía local robusta, flexible y diversa.	No	Se abordan los medios de las bases económicas que respaldan los espacios públicos, dentro de indicadores anteriores.
	26	Ambiente atractivo de negocio	Inversiones diversas e ingeniosas dentro de la ciudad, impulsadas por una fuerte marca urbana y entorno económico y social.	No	El espacio público no tiene el objetivo de ser un negocio, pero en indicadores anteriores se abordaría el tema de las manifestaciones de negocio que suelen presentarse en algunos espacios públicos.
	27	Una fuerte integración con las economías regionales y mundiales	Fuerte integración entre la economía de la ciudad y los sistemas económicos más amplios.	No	Se descarta, debido a que el espacio público no actúa como estructura de la economía regional y mundial.

Fuente: Elaboración propia, 2019, basada en el Measurement Guide del CRI (ARUP, 2016)

Infraestructura y Medioambiente; esta dimensión corresponde a los sistemas naturales y fabricados por el hombre que proporcionan servicios críticos, protegen y conectan a los ciudadanos en el espacio público; esta dimensión se relaciona con el lugar, la calidad de la infraestructura y los ecosistemas. Considera su solidez ante los impactos y tensiones. También la continuidad de los servicios críticos, en situaciones de impactos o tensiones, como suministro de agua, distribución de energía y gestión de residuos sólidos, conectividad del espacio público que permite el flujo de bienes, servicios, personas e información. Sus metas son: reducción de la exposición y la fragilidad, prestación efectiva de servicios críticos y movilidad y comunicaciones confiables. La importancia de la apropiación del espacio es una forma de entender la generación de los vínculos

con los “lugares”, lo que facilita comportamientos ecológicamente responsables, la implicación y la participación en los espacios públicos (Vidal y Pol, 2005); en este apartado se seleccionaron once indicadores de los trece propuestos originalmente en el Index (cuadro 4) (Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, 2014; Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, UNISDR, 2015).

Liderazgo y estrategia surge de la necesidad de una toma de decisiones informada, inclusiva, integrada e interactiva en nuestras ciudades; esta dimensión está apuntalada por el conocimiento. Una ciudad resiliente aprende del pasado y toma las medidas apropiadas basadas en la evidencia. Esto significa que se debe tener un liderazgo efectivo, y una gestión urbana caracterizada por una gobernanza inclusiva que involucre al gobierno,

CUADRO 4

Dimensión Infraestructura y Medioambiente, tabla de análisis y selección de indicadores, para el escalamiento en el nivel espacio público

Infraestructura y Medioambiente					
Sistemas naturales y fabricados por el hombre que proporcionan servicios críticos, protegen y conectan a los ciudadanos					
META	No Indicador	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
Reducción de la exposición y fragilidad	28	Mapeo amplio de exposición a riesgos	Sistemas para determinar la exposición y la vulnerabilidad de la ciudad frente a riesgos, sobre la base de datos actuales.	Sí adecuado	Se considera como la identificación de impactos y tensiones del espacio público, para determinar los puntos conflictivos, además de determinar si se realiza sobre la base de información actualizada.
	29	Códigos, estándares y ejecución apropiados	Existencia y aplicación de códigos de construcción e infraestructura y normas prospectivas, apropiados al contexto local y a los perfiles de riesgo.	Sí Adecuado	En referencia a que las normas, técnicas y códigos estén bien aplicados dentro de los espacios públicos, y adecuados a resolver perfiles de riesgo.
	30	Ecosistemas protegidos efectivamente manejados	Entendimiento y reconocimiento bien desarrollados de la función de los ecosistemas en la prestación de protección física a la ciudad.	Sí Adecuado	Determinación de los ecosistemas que integran los espacios públicos, además de su correcto reconocimiento y manejo para salvaguardarlos y manejarlos en situaciones de riesgo.
	31	Infraestructura de protección robusta	Red de infraestructura de protección robusta, integrada y con visión de futuro, encargada de reducir la vulnerabilidad y la exposición de ciudadanos y activos críticos.	Sí Adecuado	Se adecua al sistema de infraestructura que responde a indicadores anteriores, como dotación de servicios, respuesta a emergencia, servicios críticos para reducir la vulnerabilidad en los espacios públicos en caso de eventos de choque.

Infraestructura y Medioambiente**Sistemas naturales y fabricados por el hombre que proporcionan servicios críticos, protegen y conectan a los ciudadanos**

META	No Indicador	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
Prestación efectiva de servicios críticos	32	Administración efectiva de ecosistemas	Existencia de mecanismos sólidos que mantienen y mejoran los servicios ecosistémicos que benefician a los residentes de la ciudad.	Sí Adecuado	Determinación de si existen elementos que salvaguarden los exosistemas relacionados con los espacios públicos o que tengan injerencia, así como s
	33	Infraestructura flexible	Existencia de infraestructura y medios alternos de apoyo para el abastecimiento de servicios básicos, apropiadamente planificados.	Sí Adecuado	En apoyo a los indicadores pertenecientes a servicios básicos e infraestructura de proyección, se delimita la evaluación de la infraestructura y medios alternos presentes dentro de los espacios públicos.
	34	Capacidad de sobra retenida	La demanda de infraestructura básica se minimiza mediante el uso inteligente y flexible de recursos clave.	Sí Adecuado	Determinación del manejo eficiente de la infraestructura básica dentro de los espacios públicos.
	35	Mantenimiento y continuidad diligente	Monitoreo completo, mantenimiento y renovación de la infraestructura de uso esencial, con efectiva planificación de contingencias.	Sí	Considerado pertinente, debido a la necesidad de monitoreo, mantenimiento y renovación de la infraestructura para la prevención de eventos de choque en los espacios públicos
	36	Adecuada continuidad para los activos y servicios básicos.	Existencia de planes de continuidad, ingeniosos y flexibles, que ayuden a mantener en funcionamiento los servicios básicos durante situaciones de emergencia.	Sí	Se prevé el manejo y la continuidad de los servicios y la infraestructura dentro del espacio público para salvaguardar situaciones de emergencia.
	Movilidad y comunicaciones confiables	37	Redes de transporte diversas y costeables	Redes de transporte diversas e integradas, que proporcionen flexibilidad y viajes accesibles por la ciudad.	Sí Adecuado
38		Efectiva operación y mantenimiento del transporte	Existencia de una gestión efectiva de las redes de transporte de la ciudad, que otorga calidad y transporte seguro.	No	Los espacios públicos no son responsables directamente de la gestión de las redes de transporte.
39		Comunicaciones y tecnología confiables	Sistemas de comunicación efectivos, confiables y accesibles para todos.	Sí	Se considera la importancia de las tecnologías y redes dentro del espacio público, por lo que se considera como parte fundamental; además, se incluye el concepto de seguridad del indicador 40.
40		Redes de tecnología seguras	Mecanismos efectivos y robustos encargados de proteger la información y los sistemas de tecnología operacional de los depende la ciudad.	Sí; se compacta con el indicador 39	Este indicador se adecua junto con el indicador 39 para establecer las comunicaciones de forma segura en los espacios públicos, de manera cotidiana y en eventos de choque.

Fuente: Elaboración propia, 2019, basada en el Measurement Guide del CRI (ARUP, 2016)

CUADRO 5

Dimensión Liderazgo y Estrategia, tabla de análisis y selección de indicadores, para el escalamiento en el nivel espacio público

Liderazgo y gestión eficaces	41	Apropiada toma de decisiones por el gobierno.	Toma de decisiones y liderazgo gubernamental transparentes, inclusivos e integrales.	Sí - Adecuado	Se delimita respecto de la gestión realizada en torno a las decisiones pertinentes en los espacios públicos para la gestión de riesgos.
	42	Coordinación efectiva con otros cuerpos de gobierno	Comunicación y colaboración integral y flexible y entre el gobierno estatal y el nacional.	Sí	Se determina mediante la recabación de información y la relevancia de la integración de información, la colaboración y la comunicación de organismos involucrados con la gestión de los espacios públicos.
	43	Colaboración proactiva de depositarios	Colaboración inclusiva y constructiva entre todos los actores involucrados en la toma de decisiones de la ciudad.	Sí	Se delimita como la interacción de los actores involucrados en las decisiones de los espacios públicos.
	44	Valoración y monitoreo completos de riesgos	Sistemas efectivos de monitoreo de peligros potenciales y de evaluación de riesgos.	Sí Adecuado	Concerniente al monitoreo de los riesgos dentro de los espacios públicos.
	45	Educación adecuada para todos	Educación accesible y de calidad para todos.	No	Dentro del espacio público no se desarrolla la educación.
	46	Gestión integral de emergencias	Los líderes de la ciudad tienen amplio conocimiento y capacidad suficiente para administrar con eficacia las emergencias.	Sí Adecuado	Se delimitan continuidad, planes, programas y manuales sobre la administración de emergencia pertinentes en los espacios públicos.
Grupos de interés empoderados	47	Amplia preparación y conocimiento entre la comunidad	Esfuerzos inclusivos para construir una conciencia pública de riesgos.	Sí Adecuado	Referenciado a campañas, programas de concientización de riesgos dentro de los espacios públicos para salvaguardar a la comunidad
	48	Mecanismos efectivos para el involucramiento de la comunidad con el gobierno	Mecanismos de comunicación y coordinación transparentes, inclusivos e integrales entre el gobierno y los ciudadanos.	No	La integración de transparencia entre gobierno y comunidad no se establece de manera directa mediante los espacios públicos.

Liderazgo y Estrategia**La necesidad de una toma de decisiones informada, inclusiva, integrada e iterativa en nuestras ciudades.**

META	No Indicador	Indicador	Definición	Aplicable	Resolución
Planificación integrada del desarrollo	49	Monitoreo y manejo amplio de información urbana.	Monitoreo y análisis regular de datos e información para la elaboración de la planificación y las estrategias urbanas.	Sí Adecuado	Se establece determinación de información actualizada, monitoreo y análisis para los planes y estrategias que involucren los espacios públicos.
	50	Proceso consultivo de planeación	Desarrollo transparente e inclusivo de planes, políticas y estrategias.	Sí Adecuado	La determinación del proceso consultivo para el desarrollo de los espacios públicos, así como la integración de planes, políticas y estrategias entre los actores involucrados.
	51	Zonificación y uso del suelo apropiados	Usos de suelo y planes de zonificación integrales y flexibles que garantizan el desarrollo apropiado de la ciudad.	Sí Adecuado	Concerniente a la adecuada zonificación y el uso de suelo dentro de los espacios públicos y su entorno inmediato.
	52	Proceso robusto de aprobación de la planeación	Mecanismos de aprobación de la planificación transparentes y robustos, consistentes con políticas y estrategias.	Sí Adecuado	Complementario al indicador 49 y 50, donde se delimita el proceso de planificación de políticas y estrategias concernientes a los espacios públicos

Fuente: Elaboración propia, 2019, basada en el Measurement Guide del CRI (ARUP, 2016).

las empresas y la sociedad civil en los espacios públicos, y una toma de decisiones basada en evidencia. Una ciudad también debe empoderar a sus partes interesadas proporcionando acceso a la información y la educación, para que las personas y las organizaciones puedan tomar las medidas adecuadas. Es igualmente importante asegurarse de que la ciudad se desarrolle de manera integrada, que alinee la visión de la ciudad con estrategias y planes sectoriales y proyectos individuales. Las metas son: liderazgo y gestión eficaces, grupos de interés empoderados y la planificación integrada del desarrollo, en este apartado se seleccionaron

Como resultado de la selección y el escalamiento de los 52 indicadores iniciales, se estableció un total de treinta y ocho indicadores para

el modelo de medición de la resiliencia en los espacios públicos, comprendiendo las cuatro dimensiones principales correspondientes a: salud y bienestar, economía y sociedad, infraestructura y medioambiente y liderazgo y estrategia (figura 2). Se consideran las tres metas específicas; parte de la propuesta corresponde a ciento cuatro preguntas, con su respectivo escenario, desarrolladas para el establecimiento de la codificación de resultados mediante una guía métrica (cuadro 6).

La selección, la adecuación y la generación de preguntas dan respuesta objetiva a los treinta y ocho indicadores; dichas preguntas se establecen como referente para el establecimiento de los escenarios a evaluar, así como la información pertinente a recabar mediante los instrumentos de evaluación (cuadro 6).

CUADRO 6

Índice de Resiliencia en Espacios Públicos, establecimiento de las 104 preguntas respecto a los 38 indicadores escalados a espacios públicos.

Índice de resiliencia en espacios públicos				
Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad				
Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
Salud y Bienestar	Mínima vulnerabilidad humana	1	Suministro de energía asequible y adecuado	<p>¿En qué medida existe una distribución asequible y fiable de electricidad en el espacio público?</p> <p>¿En qué medida existe una distribución segura de la electricidad y los combustibles a los espacios públicos?</p> <p>¿En qué medida existen mecanismos para un suministro de energía alternativo (de respaldo) efectivo para los espacios públicos?</p>
		2	Acceso inclusivo al agua potable	<p>¿En qué medida existe una distribución segura, fiable y asequible de agua potable en el espacio público?</p> <p>¿En qué medida existe una planificación eficaz para los suministros de agua alternativos (de respaldo)?</p>
		3	Saneamiento efectivo	<p>¿En qué medida existe actualmente un saneamiento seguro, fiable y asequible para todas las áreas del espacio público?</p> <p>¿En qué medida existe un plan de emergencia en caso de que se interrumpa el sistema de saneamiento o se haya producido un aumento de las aguas residuales que requieran tratamiento?</p>
	Diversos medios de financiamiento y fomento	4	Mecanismos de apoyo a financiación	<p>¿Cuáles son los actores involucrados en el financiamiento del espacio público?</p> <p>¿En qué medida hay acceso al crédito para apoyar a los espacios públicos de un mercado financiero bien regulado y diverso?</p>
		5	Mecanismos de apoyo a fomento	<p>¿En qué medida hay acceso al crédito para apoyar el espacio público de una manera bien regulada y diversa?</p> <p>¿En qué medida se presta apoyo al espacio público a adaptarse a los cambios y fortalecer los planes de continuidad para eventos de choque?</p>
	Salvaguardas efectivas para la salud humana y la vida	6	Sistemas de salud pública robustos	<p>¿Hasta qué punto se supervisan y controlan los riesgos para la salud dentro del espacio público?</p> <p>¿En qué medida los programas de concienciación y educación en materia de salud pública se implementan en el espacio público y se extienden a grupos desfavorecidos o vulnerables?</p> <p>¿En qué medida los programas para abordar el abuso de sustancias tóxicas y las adicciones se implementan en el espacio público y se extienden a grupos desfavorecidos o vulnerables?</p>

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
Salud y Bienestar	Salvaguardas efectivas para la salud humana y la vida	7	Servicios efectivos de respuesta a emergencias	¿En qué medida el servicio de ambulancia tiene acceso al espacio público y si tiene recursos humanos y físicos para responder eficazmente a los llamados de emergencia?
				¿En qué medida los servicios de bomberos tienen acceso al espacio público y tienen recursos humanos y físicos para responder eficazmente a los llamados de emergencia?
				¿En qué medida la policía tiene acceso al espacio público y esta dotada de recursos humanos y físicos para responder eficazmente a los llamados de emergencia?
				¿Existe un espacio destinado para una respuesta oficial de emergencia debidamente entrenada, dotada de recursos y coordinada para atender los principales incidentes y las secuelas inmediatas de los desastres?
				¿En qué medida el espacio público tiene mecanismos para albergar recursos no financieros críticos (personas, equipamiento) para proporcionar respuesta de emergencia y productos básicos para el alivio posterior (necesidades básicas) un evento de desastre?
Economía y Sociedad	Identidad colectiva y apoyo comunitario	8	Apoyo de la comunidad local	¿Hasta qué punto se proporciona apoyo a la comunidad local para consolidar su participación en el espacio público?
				¿En qué medida las comunidades locales y las organizaciones comunitarias proporcionan una vía adicional de apoyo a los ciudadanos en el espacio público?
		9	Comunidad cohesiva	¿Hasta qué punto la comunidad está cohesionada en diferentes grupos raciales y culturales dentro del espacio público?
				¿En qué medida se presta apoyo a las comunidades para empoderar e integrar a los grupos desfavorecidos?
				¿En qué medida existen medios de diálogo entre la comunidad para el fortalecimiento de la cohesión social en el espacio público?
		10	Identidad y cultura fuertes en el espacio público	¿En qué medida existe un sentido de identidad y cultura cohesiva dentro de la sociedad en el espacio público?
				¿En qué medida existe un sentido cohesivo de la identidad y la cultura en el espacio público, en la que todos los ciudadanos sienten un sentimiento de pertenencia?
		11	Ciudadanos activamente comprometidos	¿Hasta qué punto todas las partes de la población participan en asuntos que afectan a la ciudad dentro del espacio público?
				¿En qué medida contribuye el sector privado a la sociedad y al espíritu de la comunidad dentro del espacio público?
				¿En qué medida existen redes sólidas de organizaciones comunitarias en el espacio público para movilizar, organizar e intercambiar conocimientos?

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
Economía y Sociedad	Seguridad integral y estado de derecho	12	Sistemas efectivos para disuadir la delincuencia	¿En qué medida los programas preventivos desempeñan un papel en la lucha contra la delincuencia y la violencia dentro del espacio público?
				¿En qué medida promueve la ciudad un espacio público diseñado para disuadir la delincuencia y la violencia?
		13	Vigilancia policial competente	¿Hasta qué punto es eficaz la vigilancia policial y criminal en el espacio público?
	¿En qué medida están disponibles las fuerzas de seguridad para hacer cumplir el orden en el espacio público después de un desastre?			
	14	Justicia criminal y civil accesible	¿En qué medida existe un modelo eficaz de justicia civil que sea accesible para todos?	
			¿Hasta qué punto el modelo de justicia cívica se desarrolla en el espacio público de manera justa, inclusiva y transparente?	
¿Existe una relación entre el modelo de justicia cívica y la policía dentro del espacio público?				
Economía sustentable	15	Finanzas públicas bien gestionadas	¿Hasta qué punto el espacio público tiene acceso y control transparente sobre las diversas fuentes de ingreso?	
			¿En qué medida el espacio público tiene fondos suficientes?	
			¿En qué medida la planificación y las actividades de Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) cuentan con recursos adecuados y mecanismos para proporcionar fuentes de financiamiento efectivas al gobierno de la ciudad ante la respuesta de emergencia en los espacios públicos?	
16	Planificación integral de la continuidad de los negocios	¿Hasta qué punto se han identificado los sectores de negocio que se desarrollan en el espacio público?		
		¿Hasta qué punto se han implementado iniciativas para garantizar el desarrollo de los negocios dentro del espacio público? (En caso de desarrollar actividades financieras dentro del espacio público, vendedores ambulantes, comercios pequeños, etcétera).		
		¿En qué medida los planes económicos de gestión y control de los negocios que se desarrollan como parte de la actividad comercial en el espacio público y entorno inmediato?		

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
Infraestructura y Medioambiente	Reducción de la exposición y fragilidad	17	Mapeo integral de exposición a riesgos	¿En qué medida se han evaluado el alcance y la probabilidad de peligros a los que se enfrenta el espacio público y la exposición a estos peligros?
				¿En qué medida las evaluaciones de riesgo han considerado el efecto de las tensiones a largo plazo en el espacio público?
		18	Códigos, estándares y ejecución apropiados	¿En qué medida se aplican los códigos de infraestructura y de construcción adecuados al perfil de riesgo del espacio público?
				¿En qué medida los códigos de construcción se comunican y se pueden utilizar? ¿En qué medida existen requisitos y mecanismos para actualizar regularmente la infraestructura y los códigos de construcción para reflejar las últimas proyecciones de estrés a largo plazo, los últimos perfiles de riesgo y el nuevo aprendizaje de los eventos de desastre en el espacio público?
	19	Ecosistemas protegidos efectivamente manejados	¿En qué medida se han identificado y evaluado los ecosistemas dentro del espacio público y se determina su importancia para proporcionar servicios de protección a la sociedad?	
			¿En qué medida los ecosistemas que brindan protección física del espacio público se protegen activamente del desarrollo urbano y logran mantener el equilibrio ecológico?	
	20	Infraestructura de protección robusta	¿En qué medida se conoce la adecuación actual de la infraestructura de protección del espacio público? [Nota: la infraestructura de protección incluye la infraestructura de drenaje de aguas y pluviales de la ciudad].	
			¿En qué medida existen regímenes sólidos de operación y mantenimiento para los activos de infraestructura dedicada a la protección? ¿En qué medida se llevan a cabo las actualizaciones necesarias para garantizar que la infraestructura de protección sea adecuada para el futuro?	
	Prestación efectiva de servicios críticos.	21	Administración efectiva de ecosistemas	¿En qué medida los ecosistemas que brindan servicios importantes a sociedad son conocidos y entendidos (por ejemplo, apoyando los medios de vida, la salud y la calidad de vida)?
				¿En qué medida existen políticas, legislación y planes para proteger, gestionar o restaurar los ecosistemas y recursos naturales importantes en el espacio público?
22	Infraestructura flexible	¿Hasta qué punto existe un plan estratégico sólido para proporcionar servicios de electricidad diverso al espacio público (puede ser un plan de ciudad, regional o nacional)?		
		¿Hasta qué punto existe un plan estratégico sólido para proporcionar agua, abastecimiento, tratamiento al espacio público en la actualidad y a largo plazo (puede ser un plan municipal, regional o nacional)?		
		¿Hasta qué punto existe un plan estratégico sólido para proporcionar saneamiento al espacio público en la actualidad y en el largo plazo (puede ser un plan de ciudad, regional o nacional)?		
		¿En qué medida existe un plan estratégico sólido para proporcionar servicios de gestión de residuos sólidos al espacio público en la actualidad y largo plazo (puede ser un plan municipal, regional o nacional)?		

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
Infraestructura y Medioambiente	Prestación efectiva de servicios críticos.	23	Capacidad de sobra retenida	¿En qué medida existen estrategias enfocadas en la capacidad disponible dentro de los sistemas de generación, transmisión y distribución de electricidad del espacio público?
				¿En qué medida existen estrategias y programas enfocados en la capacidad disponible dentro de los sistemas de suministro de agua del espacio público?
				¿En qué medida existen estrategias y programas enfocados en la capacidad disponible dentro de los sistemas de saneamiento del espacio público?
				¿En qué medida existen estrategias y programas enfocados en la capacidad disponible dentro de los sistemas de gestión de residuos del espacio público?
		24	Mantenimiento y continuidad diligente	¿Hasta qué punto existen programas efectivos de monitoreo, mantenimiento, renovación y planificación de continuidad para los servicios públicos de energía dentro del espacio público?
				¿En qué medida existen programas efectivos de monitoreo, mantenimiento y renovación, así como la continuidad del servicio y los planes de respuesta a emergencias para los servicios de agua dentro del espacio público?
				¿En qué medida existen programas efectivos de monitoreo, mantenimiento y renovación, así como la continuidad del servicio y los planes de respuesta de emergencia para el saneamiento dentro del espacio público?
				¿En qué medida existen programas efectivos de monitoreo, mantenimiento y renovación y planificación de continuidad para los desechos sólidos dentro del espacio público?
		25	Adecuada continuidad para los activos y servicios básicos.	¿En qué medida se han identificado los activos críticos, se ha evaluado la probabilidad y la gravedad de la pérdida del servicio de estos activos, en diferentes escenarios de desastre y cambio a largo plazo en el espacio público, así como implementado la generación de suministros de respaldo? (agua, energía...).
		26	Redes de transporte diversas y costeables	¿En qué medida se cuenta con redes diversas de transporte para acceso al espacio público?
¿En qué medida el espacio público tiene acceso a un sistema de transporte público diverso y asequible?				
¿En qué medida se promueven opciones alternativas de transporte personal?				
¿En qué medida la ciudad proporciona enlaces de transporte diversos y efectivos entre espacios públicos?				
	Movilidad y comunicaciones confiables			

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
Infraestructura y Medioambiente	Movilidad y comunicaciones confiables	27	Comunicaciones y tecnología confiables y segura	¿En qué medida hay acceso a redes de comunicación diversas y confiables en el espacio público?
				¿En qué medida los sistemas de información de emergencia alertan al público, proporcionan actualizaciones de información, mantienen la calma y reúnen a los ciudadanos después de un impacto?
				¿En qué medida la infraestructura de comunicaciones de emergencia permite a los responsables clave comunicarse durante / después de un evento de choque?
				¿Qué tan segura son las comunicaciones y conexiones (redes públicas y privadas en el espacio público)?
LIDERAZGO Y ESTRATEGIA	Liderazgo y gestión eficaces	28	Apropiada toma de decisiones por el gobierno.	¿Hasta qué punto se promueve el aprendizaje continuo y el intercambio de conocimientos, en todos los niveles de los actores involucrados en el espacio público?
				¿Hasta qué punto hay transparencia en la formulación de políticas y la toma de decisiones por parte del gobierno para los espacios públicos?
		29	Coordinación efectiva con otros cuerpos de gobierno.	¿En qué medida existe una comunicación y colaboración efectiva entre los actores involucrados en el espacio público?
				¿Hasta qué punto existe comunicación y colaboración efectivas entre los departamentos involucrados en el espacio público?
		30	Colaboración proactiva de depositarios.	¿Hasta qué punto el gobierno busca la participación del sector empresarial en la formulación de políticas y la toma de decisiones en el espacio público como medio de fomento?
				¿En qué medida el gobierno de la ciudad busca la participación de las principales partes interesadas de la sociedad civil, en la formulación de políticas y la toma de decisiones en el espacio público?
		31	Valoración y monitoreo completos de riesgos.	¿En qué medida existe investigación de riesgos y datos accesibles para la planificación de emergencias en el espacio público?
				¿Hasta qué punto existen centros eficaces de alerta temprana, que sirven a la población en el espacio público?
		32	Gestión integral de emergencias	¿En qué medida se evalúa el riesgo colectivamente, teniendo en cuenta los peligros actuales y futuros, la exposición local y la vulnerabilidad subyacente en el espacio público?
				¿En qué medida existen mecanismos para garantizar que las funciones del gobierno continúen adecuadamente durante una emergencia en el espacio público?
				¿En qué medida la ciudad tiene capacidades suficientes para facilitar de manera efectiva la planificación de emergencias en el espacio público?
				¿En qué medida la ciudad planifica escenarios de emergencia específicos para el espacio público?
¿En qué medida la ciudad tiene una plataforma o mecanismo que permita a los responsables trabajar de manera efectiva y colaborativa para prepararse y manejar emergencias utilizando los espacios públicos como elemento estructurador?				
¿En qué medida la ciudad tiene programas de respuesta a emergencias para procesar y coordinar actividades de emergencia dentro de los espacios públicos?				

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas		
LIDERAZGO Y ESTRATEGIA	Grupos de interés empoderados	33	Conciencia y preparación generalizadas entre la comunidad	<p>¿En qué medida los espacios públicos están adecuadamente preparados para eventos de emergencia?</p> <p>¿Hasta qué punto existe un sistema de alarma eficaz y robusto para advertir a las comunidades de los peligros inminentes en el espacio público?</p>		
		34	Mecanismos efectivos para el involucramiento de la comunidad con el gobierno.	<p>¿En qué medida existen mecanismos inclusivos, integrados y transparentes para la comunicación entre el gobierno de la ciudad y los ciudadanos que se involucren en el espacio público?</p>		
	Planificación integrada del desarrollo	35	Monitoreo integral y gestión de datos del espacio público	<p>¿En qué medida los conjuntos de datos existentes son completos y están actualizados? ¿Se tiene acceso a los datos actualizados para la planificación?</p> <p>¿En qué medida se llevan a cabo las proyecciones de tendencias futuras para el espacio público?</p> <p>¿En qué medida las políticas de planificación y los documentos clave buscan abordar los altos riesgos descubiertos por las evaluaciones de riesgos y los escenarios de cambio a largo plazo?</p>		
				36	Proceso consultivo de planeación	<p>¿En qué medida el proceso para desarrollar estrategias de planificación es inclusivo y transparente?</p> <p>¿En qué medida existen mecanismos para garantizar que las estrategias de planificación y los planes de desarrollo estén totalmente alineados con las estrategias a largo plazo?</p> <p>¿En qué medida los programas de recuperación y reconstrucción a largo plazo adoptarían un proceso inclusivo y reflexivo?</p>
				37	Zonificación y uso del suelo apropiados	<p>¿En qué medida se cuenta con planes claros e integrados de uso del suelo y de zonificación diseñados para proporcionar conectividad física de las comunidades a la infraestructura esencial, empleos y servicios que representan proyecciones a largo plazo y análisis de tendencias?</p> <p>¿En qué medida existen mecanismos que especifiquen los usos del suelo y las tipologías de construcción que sean seguras y apropiadas para el espacio público, de acuerdo con las evaluaciones de vulnerabilidad y de riesgo?</p> <p>¿En qué medida existen mecanismos establecidos que tengan como objetivo proactivo entregar políticas e infraestructura de zonificación y planificación para satisfacer las necesidades de la población en el espacio público?</p> <p>¿En qué medida se actualizan periódicamente las estrategias y planes de planificación del desarrollo, utilizando las últimas proyecciones tendenciales para el espacio público?</p>

Índice de resiliencia en espacios públicos

Modelo de medición de la resiliencia en espacios públicos, mediante la adaptación del índice de resiliencia de la ciudad

Dimensión	Metas	No	Indicador	Preguntas
LIDERAZGO Y ESTRATEGIA	Planificación integrada del desarrollo	38	Proceso robusto de aprobación de la planeación.	<p>¿En qué medida existe un proceso de aprobación transparente para garantizar que el espacio público sea apropiado y de acuerdo con las políticas y estrategias de planificación?</p> <p>¿En qué medida los servicios y agencias de emergencia de la ciudad, que hacen cumplir la implementación de los códigos de construcción, están involucrados durante el proceso de planificación para los nuevos proyectos de desarrollo e infraestructura para el espacio público?</p>

Fuente: Elaboración propia. 2019 establece los 38 indicadores que fueron identificados para la medición de la resiliencia dentro de los espacios públicos, se distribuye mediante las dimensiones y metas, además de anexar las 104 preguntas de investigación pertinentes a cada indicador.

ESCENARIOS

Considerando el esquema de las preguntas, de acuerdo con el *Measurement Guide* (ARUP, 2016), se delimitaron las que abarcaban en mayor medida los objetivos generales de cada indicador dentro de la resiliencia en los espacios públicos; estos 104 escenarios concernientes a las ciento cuatro preguntas planteadas en el cuadro 6, divididas en las cuatro dimensiones, mediante la codificación de un mejor escenario con un valor de 5 y el peor escenario con un valor de 1, de-

finiéndose los medidas necesarias a considerar para los instrumentos.

Los escenarios representan dos medidas principales cualitativas (cuadro 7) y de carácter cuantitativo (cuadro 8), donde se establece de manera individual a cada indicador y pregunta, los mejores y peores escenarios para los espacios públicos, además de un esquema de guía de medición junto con las medidas a utilizar dentro del desarrollo de los instrumentos para la etapa de recolección de información.

CUADRO 7

Ejemplo de escenario propuesto con medidas cualitativas, correspondiente al indicador 2, pregunta 4 en temas de acceso inclusivo al agua potable

Indicador 2. Acceso inclusivo al agua potable		Pregunta 4
¿En qué medida existe una distribución segura, fiable y asequible de agua potable en el espacio público?		
Base de Medición	Mejor escenario (5 pts) El espacio público está conectado a la red de agua potable con procedimientos de seguridad establecidos, para garantizar que se cumplan los estándares de calidad en todo momento.	Peor escenario (1 pts) El espacio público no está conectado a una red de agua potable, segura y confiable. No existen estándares de calidad de agua. No existe un organismo regulador para hacer cumplir la normativa respecto de la calidad del agua.
Medición cuantitativa	Medidas preferidas El suministro de agua potable es adecuado y se cuenta con una fuente alternativa.	Guía métrica Esta métrica examina la asequibilidad del agua potable, para el acceso a una red regular y confiable, y asegura el suministro apropiado para consumo humano. Esto se refiere a un suministro continuo por tubería (o similar) y conectado a una red apropiada.
	Medidas Alimentación de agua: Tipos Porcentaje de distribución de los tipos de alimentación Capacidad de alimentación al espacio público Estándar de agua potable (NOM-127-SSA1-1994) Fuente de emergencia en caso de interrupción	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

CUADRO 8

Ejemplo de escenario propuesto, correspondiente al indicador 9, pregunta 24 en temas de comunidad cohesiva

Indicador 9. 3. Comunidad cohesiva		Pregunta 24
¿En qué medida existen medios de diálogo entre la comunidad para el fortalecimiento de la cohesión social en el espacio público?		
Base de medición	Mejor escenario (5 pts) Con frecuencia existe un fuerte sentido de pertenencia respecto del espacio público, debido a la interacción de la comunidad dentro de él, así como la interacción vecinal, lo que proporciona un nivel adicional de apoyo. También hay apoyo proporcionado por grupos comunitarios que diversifican el entorno de comunidad cohesiva, que varían en su escala y tipo. Estos pueden incluir: comunidades de interés compartido (por ejemplo, equipos deportivos locales, otros pasatiempos), comunidades de circunstancias compartidas (por ejemplo, grupos de discapacidad, etcétera), y comunidades de experiencia compartida. Esto proporciona una vía adicional de apoyo entre la comunidad para la cohesión social.	Peor escenario (1 pts) Con frecuencia, existe poco sentido de apoyo dentro de las comunidades involucradas en el espacio público, con poca interacción entre la población. Existen pocos grupos comunitarios y las personas tienen poca conexión o interacción dentro del entorno perteneciente al espacio público, generando poca cohesión social.

Indicador 9. 3. Comunidad cohesiva		Pregunta 24
¿En qué medida existen medios de diálogo entre la comunidad para el fortalecimiento de la cohesión social en el espacio público?		
Medición cuantitativa	Medidas preferidas	Guía métrica
	<p>Respecto de la muestra mínima, basada en Martínez (2012), se establecerá de acuerdo con:</p> $n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^2 \times p \times q}$ <p>Donde: N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).</p>	<p>Concerniente a la recabación de información, mediante encuesta, pero debe incluir un margen de presión cercano al 90, basándose en la población objetivo del espacio público. Establecimiento de talleres participativos que permitan establecer el nivel de cohesión y participación de la población en el espacio público. (Instituto de Planeación para el Municipio de Colima IPCO, 2014).</p>
Medidas		
<p>Porcentaje de participación ciudadana en procesos de consulta para el espacio público Población objetivo del espacio público Población que utiliza el espacio público Origen de la población que interactúa dentro del espacio público Rango de edades de la población que interactúa en el espacio público Diversificación de grupos comunitarios que integran actividades en el espacio público</p>		

Cada escenario está conformado por una tabla que delimita, se establece una guía de instrumentos a utilizar para la recabación de información; se desarrolló como parte de un proyecto conjunto donde se desarrolló el apartado de instrumentos, los cuales establecen los lineamientos de guías de observación, entrevistas, encuestas, mesas de trabajo para la recopilación de información pertinente a los escenarios.

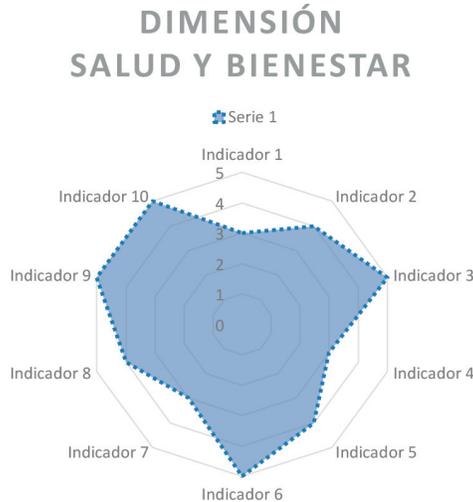
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La evaluación CRI permite a los gobiernos municipales comprender y medir su desempeño de resiliencia de manera integral. Está diseñado como una autoevaluación flexible. El proceso de evaluación considera el uso de las herramientas fuera de línea y en línea de CRI para la planificación de la evaluación, la asignación de tareas, la recopilación de datos, el análisis y el intercambio de los resultados de la evaluación. (ARUP y Rockefeller Foundation, 2018)

Con la información recopilada, se procede a su interpretación, con la participación de los principales actores involucrados en el espacio público (gubernamentales, técnicos y sociales) para el establecimiento de un rango acorde con el puntaje de 1-5 de los escenarios. Considerando la necesidad del vaciado de información, una vez que fue recopilada sobre la base de los escenarios, las guías y las medidas métricas propuestas, mediante un programa informático desarrollado y distribuido por Microsoft Corp que permite el establecimiento de una gráfica de polígono (figura 3, ejemplo de representación), la cual mapea los resultados obtenidos del levantamiento, el vaciado y el análisis de datos obtenidos del espacio público evaluado a partir de la media establecida en cada medida; desde cada indicador se puede establecer meta, dimensión y de manera global, representada de manera gráfica, para así establecer un perfil que permite observar los rangos concernientes a los elementos del espacio público resiliente (figura 3).

FIGURA 3

Ejemplo de representación, mediante gráfica poligonal, en la cual se mostrarán los resultados tabulados de los respectivos indicadores, para generar un mapeo de los elementos evaluados.



Fuente: Elaboración propia, 2019. Ejemplo de representación gráfica para la generación de la media, conforme al análisis de la información obtenida, para la generación de un perfil que permita identificar áreas de oportunidad.

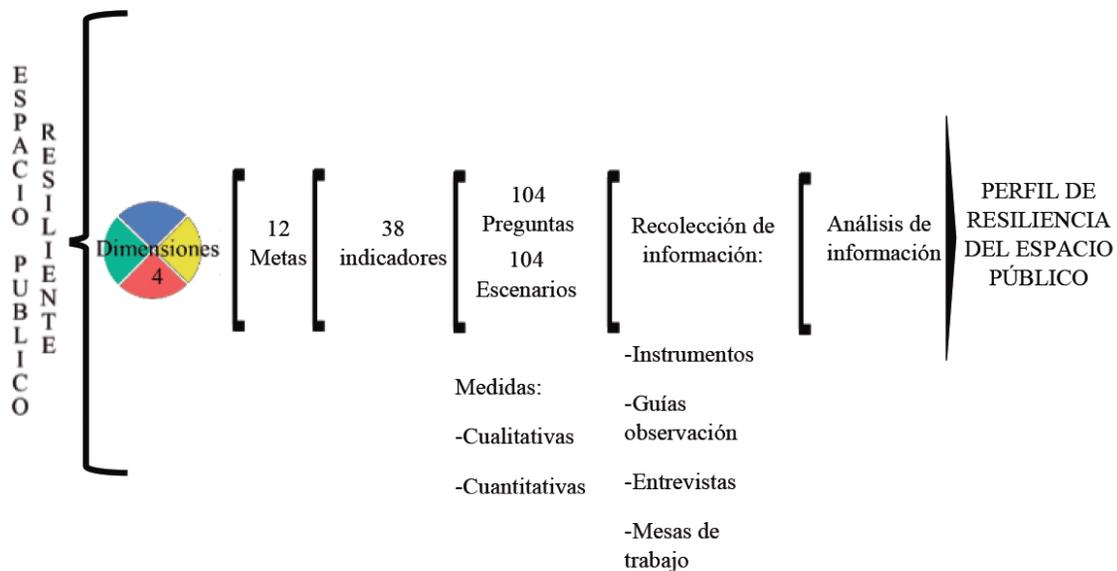
CONCLUSIONES

Se establece una propuesta que comprende 4, 38, con respectivas 104 preguntas y escenarios, donde se delimitan el peor y el mejor escenario, las guías métricas, las medidas y los instrumentos que faciliten la recolección de información para su análisis, y se delimita un perfil para evaluar la resiliencia en los espacios públicos; respondiendo a la hipótesis de que el Resilience Index, es una metodología flexible, que permite ser desarrollada y adecuada a diferentes escalas dentro del sistema ciudad; la adecuación del modelo en el nivel espacios públicos se vuelve una guía para la adecuación de los parámetros necesarios para relacionar la información necesaria para un perfil de resiliencia, a través de la recopilación de información y el análisis, lo que permite cumplir con el objetivo de la investigación.

La ponderación de la información mediante los actores involucrados en el espacio público permitirá desarrollar una vinculación, pues establece una línea de análisis debido a la condición

FIGURA 4

Esquematización de la metodología de evaluación de la resiliencia en espacios públicos.



Fuente: Elaboración propia, 2019. Se establece el resumen de los resultados de manera gráfica; se incluyen dimensiones, metas, indicadores, preguntas, escenarios y etapas que comprende la propuesta.

de flexibilidad y autoevaluación que establece el Index. Respecto del planteamiento gráfico de los resultados se considera un elemento que favorece la interpretación y el análisis de los datos.

Considerando el lugar que los espacios públicos ocupan dentro del sistema ciudad, la adecuación del modelo representa un avance en el establecimiento de lineamientos puntuales para la medición de la resiliencia, este proyecto forma parte un punto de partida para la futura aplicación dentro de los espacios públicos de la Colima.

BIBLIOGRAFÍA

- 100 Resilient Cities (2018), *100 Resilient Cities*. Disponible en: <https://100resilientcities.org/resources/>. Consultado: 3 de enero de 2018.
- ARUP (2014), *ARUP lanza una herramienta para entender la resiliencia de las ciudades*, 28 de abril. Disponible en: <https://www.arup.com/expertise/services/planning/resilience-security-and-risk?query=resiliencia>
- ARUP (2014), *City Resilience Index*. Disponible en: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/city-resilience-index>. Consultado: 2018.
- (2015), *City Resilience Framework*. Disponible en: <https://assets.rockefellerfoundation.org/app/uploads/20160105134829/100RC-City-Resilience-Framework.pdf>. Consultado: 25 de febrero de 2019.
- (2016), *Measurement Guide*, marzo. Disponible en: <https://www.cityresilienceindex.org/#/resources>.
- y Rockefeller Foundation (2018), *City Resilience Index - Assessment*. Disponible en: <https://www.cityresilienceindex.org/#/assessment>.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED (2014), *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*. México: Sistema Nacional de Protección Civil. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/44.pdf>.
- Colima Resiliente, H. Ayuntamiento de Colima y 100 Resilient Cities (2019), *Estrategia de Resiliencia de la ciudad de Colima*, marzo. Disponible en: <https://www.colima.gob.mx/2019/resiliencia/estrategia2019.pdf>.
- Hernández, R. (2016), *Metodología de la investigación*. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- INEGI (2018), *Seguridad pública y justicia*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/incidencia/>. Consultado: 28 de febrero de 2019.
- Instituto de Planeación de la Ciudad de Colima (IPCO) (2006), *Antecedentes*. Disponible en: <http://ipco.gob.mx/2019/index.php/home/antecedentes>.
- Leyva, S.; Pancorbo, J.; Encarnación, B.; Erazo, R. y R. Lapeña (2018), “Resiliencia, arquitectura y urbanismo en el desarrollo sostenible de la ciudad latinoamericana: caso La Concordia”. *Arquitectura y Urbanismo*, 39(1), 27-38.
- Metzger, P. y J. Robert (2013), *Elementos de reflexión sobre la resiliencia urbana: usos criticables y aportes potenciales*, vol. 28, *Territorios*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357/35728173002>.
- Moro, S. (2011), Una metodología sistemática para el análisis de los espacios públicos, *Question*, 1(30), DOI:1669-6581.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNISDR (2015), *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf.
- Organización de las Naciones Unidas ONU (2012), *Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un manual para líderes de los gobiernos locales*. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/26462_manualparalideresdelosgobiernosloca.pdf.
- (2015), *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- (2016), *Nueva Agenda Urbana*. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Spanish.pdf>.
- (2017), *ONU Habitat, Por un mejor futuro urbano*. <https://es.unhabitat.org/resiliencia/>. Consultado: 2018.
- Organización de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos ONU-Habitat (2016),

- Guía de resiliencia urbana 2016*. Disponible en: http://70.35.196.242/onuhabitatmexico/Guia_de_Resiliencia_Urbana_2016.pdf.
- Pascual, A. y J. Peña (2012), “Espacios abiertos de uso público”. *Arquitectura y Urbanismo*, 33, 25-42. DOI:18155898.
- Project Public Spaces (2018), *What makes a Successful Place?* <https://www.pps.org/article/grplace-feat>. Consultado: 2018.
- Rangel, M. (2002), La recuperación del espacio público para la sociabilidad ciudadana. *Congreso Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable 2002*, 2. Disponible en: http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/13458/recuperacion_spacio.pdf;jsessionid=CFC8245DD7E78801F5E5749885A-8C6A9?sequence=1.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2016), 16 de agosto. Disponible en: <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/guia-de-resiliencia-urbana-2016>.
- The Rockefeller Foundation (2017), *100 Resilient Cities*. Disponible en: <http://www.100resilientcities.org/cities/colima/>.
- Vidal, T. y E. Pol (2005), “La apropiación del espacio: una propuesta teórica para comprender la vinculación entre las personas y los lugares”, diciembre. *Anuario de Psicología*, 36(3), 281-297. DOI:0066-5126.
- Zuñiga, L. y T. Egler (2016), “Dimensiones físico-espacial y sociopolítica de la resiliencia urbana: aportes y perspectivas”. *Ciencia en su PC* (2), 71-85.

Evaluación de satisfacción: espacio público contiguo a la vivienda de interés social

Satisfaction evaluation: public space adjacent to low-income housing

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.148>

SELENNE GALEANA CRUZ

<https://orcid.org/0000-0001-7622-552X> / selennegaleanacruz@gmail.com

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Recepción: 8 de febrero de 2020. Aceptación: 18 de mayo de 2020

RESUMEN

En el contexto de la industrialización de la producción habitacional de interés social en México, el objetivo es evaluar la satisfacción obtenida a través del proceso de apropiación y uso del espacio público contiguo a la vivienda. Se acota en la interface entre espacio público y vivienda en dos dimensiones de análisis, la arquitectónica-urbana y la socioeconómica; se utiliza una metodología mixta, cualitativa y cuantitativa. Los casos de estudio son un conjunto en condominio (Geovillas del Real) y otro en fraccionamiento (Los Mangos 1 y 2), en la Zona Metropolitana de Poza Rica y Coatzintla, Veracruz, México. Se prueba que las funciones de la vivienda y el diseño urbano en el marco de un sistema tecnificado han tenido secuelas contrarias a la satisfacción, para ello, tanto las condicionantes físicas y materiales como las socioeconómicas son determinantes de la habitabilidad.

Palabras clave: apropiación, espacio público, satisfacción, habitabilidad, vivienda de interés social¹

ABSTRACT

In the Mexican context of industrialized social housing production, the objective is to evaluate the level of satisfaction during the process of appropriation and use of the adjoining public space from social housing. It delimits two different analyses between public space and social housing in two dimensions: urban-architectonic and socioeconomic within a qualitative and quantitative methodology. The cases of study are social housing in a condominium (Geovillas del Real) and social housing in an entire district (Los Mangos 1 & 2), in the Metropolitan Area of Poza Rica and Coatzintla, Veracruz, Mexico. We have demonstrated that the purpose and the urban design in this framework have negative consequences. As a result, the physical, the material, and the socio-economic conditions are determining factors of habitability.

Key Words: appropriation, public space, satisfaction, habitability and social housing

1. La presente disertación concentra la interface entre el espacio público y su contigüidad con la vivienda con datos y análisis actualizados hasta 2019 y proviene de una parte de las disertaciones de la tesis de doctorado (2012-2016). De esta, con anterioridad solo se han expuesto apartados en relación con la escala entre espacio público urbano y conjunto habitacional de interés social; asimismo, en

contexto de los espacios recreativos y la percepción de inseguridad.



INTRODUCCIÓN

Se estudia el espacio público en dos conjuntos habitacionales de interés social, uno es un condominio llamado Geovillas del Real, y otro un fraccionamiento nombrado Los Mangos 1 y 2, en la Zona Metropolitana de Coatzintla y Poza Rica, Veracruz, México.² La finalidad es evaluar la satisfacción obtenida a partir de la apropiación y el uso del espacio público respecto de su reciprocidad con las funciones de la vivienda: el área de uso social es la ventana para conocer los efectos del proyecto urbano y la función de la vivienda de interés social en la habitabilidad bajo el esquema habitacional industrial. El espacio público se concibe como un ámbito de uso social configurado tanto por elementos físicos y materiales como por prácticas y relaciones sociales, que se transforman en la vida cotidiana a través del intercambio con el espacio privado, pues tiene la característica de ser extensión de algunas funciones propias de la vivienda (Coppola, 1997);³ se trata de jardines, andadores, pasillos, vestíbulos, calles, banquetas, áreas de convivencia y circulaciones verticales, entre otros.

Se observa que el espacio público es objeto de apropiación y uso para satisfacer las necesidades básicas que corresponde resolver al espacio privado; ambos recintos están configurados con los criterios del sistema industrial, caracterizado por la reducción de la superficie, la homologación de construcción con materiales prefabricados, la producción con tipología similar, el abasto limitado de los servicios, la falta de infraestructura,

entre otros. El problema es que el área de uso social, en mayor medida, se utiliza para subsanar las deficiencias de la vivienda; el espacio público contiguo absorbe los efectos y el problema es desplazado; más aún, se multiplica en uno y otro ámbito. Por ello, estructuran un sistema de tipos de apropiación y uso que llevan al conflicto, el enfrentamiento o hasta la indiferencia, con efectos paralelos en la interacción familiar y colectiva en el marco de las relaciones sociales. Al respecto, Esquivel y Villavicencio (2006) señalan que los efectos son tales como: descuido de las áreas colectivas, falta de mantenimiento y cambio de uso de los espacios en relación con la función para la cual fueron diseñados, conflictos e inseguridad social. Estos autores manifiestan que dichos problemas afectan la calidad de vida y no están estimados en los registros oficiales, por lo que requieren un análisis para la implementación de estrategias resolutivas.

El objeto de este estudio representa el tipo de construcción fruto de los programas de vivienda procedentes de la política habitacional desregulatoria del Estado mexicano, a partir de 1992 y 1993, que otorga mayor importancia al ámbito económico en la producción de vivienda de interés social y facilita la participación del desarrollador inmobiliario en la proyección del espacio (Maya y Maycotte, 2011); esto es, la iniciativa privada toma el control sobre el asunto social representado en un derecho que es la vivienda, mientras que “las instituciones operan como financiadoras de créditos hipotecarios para los adquirientes de vivienda” (Ziccardi y González, 2015, p. 48). En tal panorama emergen los consorcios, cuya estructura administrativa y financiera es afín con la producción masiva (Eibenschutz y Goya, 2009), aquella realizada en serie que genera economías de escala a través de mecanismos de reducción de costo, tiempo y mano de obra, para edificar prototipos de viviendas de superficie menor y calidad de construcción con materiales prefabricados.

Los conjuntos habitacionales que se analizan se eligieron por ser tipologías representativas creadas bajo la instauración de la política habitacional y el sistema de producción industrial; su

2. Está localizada en la región norte del estado de Veracruz; tiene clima cálido-subhúmedo con una temperatura media de 25.4°C, en primavera-verano alcanza hasta 50°C. Poza Rica es considerada ciudad media moderna, cuyo origen y auge económico, a partir de 1930, fue gracias al descubrimiento de yacimientos petrolíferos de importancia nacional; no obstante, a partir de principios de 2013, por la crisis nacional petrolera, enfrenta un problema social y económico que ha llevado al incremento del desempleo.
3. En coincidencia con la autora referenciada, la vivienda tiene la función de satisfacer necesidades básicas; el espacio privado individual se usa para descanso, higiene personal y meditación; el espacio privado familiar se utiliza para conversar, leer, comer, cocinar y almacenar cosas; el espacio privado familiar de servicio se utiliza para lavar y secar ropa.

estudio se divide en dos etapas: la primera a partir de la implementación del Programa Especial para el Fomento y Desregulación de la Vivienda (PFDV-95), que dio paso de la construcción tradicional a la industrial con la participación directa de empresas constructoras locales y el modelo en fraccionamiento era representativo, Los Mangos 1 y 2 (construido en 2000-2003) es una muestra; la segunda se refiere al Programa Especial para el Fomento y Desregulación de la Vivienda (PFDV-2007), que representa la profundización en los cambios hechos al sistema de producción industrial en 2001, bajo el modelo en condominio y los criterios de fabricación masiva de vivienda, por lo que las grandes empresas inmobiliarias toman mayor participación; a saber, Geovillas del Real (construido en 2008-20010).

De acuerdo con la Ley Orgánica del Municipio Libre y Reglamento para la Fusión, Subdivisión, Relotificación y Fraccionamiento de Terrenos para el Estado de Veracruz-Llave, el fraccionamiento apunta a un terreno dividido en varios lotes, cuya área de uso común es de libre tránsito; es decir, es un *bien público* que recibe atención por parte de la entidad pública. Alude al tipo de vivienda unifamiliar construida sobre un terreno cuyas áreas de uso común sirven de conexión entre cada lote. En cuanto al condominio, según la Ley Número 541, que regula el régimen de propiedad en condominio en el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (2009), es un inmueble o superficie de terreno cuya propiedad es compartida por varios propietarios, y cada uno es poseedor de una vivienda exclusiva y le corresponden los derechos y obligaciones de copropiedad del área de uso común, que en términos legales es considerada un *bien común*. Es el tipo de vivienda multifamiliar consistente en la agrupación de dos o más viviendas configuradas de manera vertical, horizontal, o ambas, cuyas áreas de uso colectivo son los elementos de transición y liga entre una y otra vivienda o entre un condominio y otro. De esta suerte, en la presente investigación el espacio público, desde el punto de vista del uso social, es tanto el *bien público* como el *bien común*, en-

tendidos como ámbitos generadores de prácticas, interacciones y relaciones sociales.

En tal panorama, en la interface entre el espacio de uso social y su contigüidad con la vivienda se plantean las siguientes preguntas: ¿En qué proporción se obtiene satisfacción en el proceso de apropiación y uso del espacio público inmediato a la vivienda? ¿De qué manera impacta la extensión de las funciones de la vivienda en los tipos de apropiación y uso del espacio público? ¿Cómo es el proceso de apropiación y uso del espacio público contiguo a la vivienda? La hipótesis es que la calidad del espacio público en vínculo con la vivienda ha disminuido a partir de la industrialización en su producción emanada de la política habitacional mercantil. El modo de habitar es transformado y la satisfacción es afectada, puesto que la apropiación y el uso desmedido del espacio público para solventar las carencias de la vivienda impactan de manera negativa en su expresión social, y en ello inciden factores, como la mala calidad de los materiales, el tamaño reducido, el abasto nulo o limitado de los servicios, la falta de cuidado y mantenimiento, la procedencia, la interacción, la personalización, la solvencia económica y la inseguridad social.

Para dar respuesta a las preguntas se propone un enfoque metodológico a partir de dos dimensiones de análisis: a) la dimensión arquitectónica-urbana, que comprende las condicionantes físicas y materiales, y b) la dimensión socioeconómica, que hace referencia a las necesidades de los habitantes y su condición económica. Además, se utiliza tanto el método cualitativo, a partir de la observación y la entrevista, como el método cuantitativo, con la técnica de la encuesta.

REFLEXIONES SOBRE ESPACIO PÚBLICO Y VIVIENDA

Lo público se identifica con lo colectivo, el concepto alude a la interacción en el espacio abierto, que se caracteriza por ser accesible y visible (Rabotnikof, 2011), como escenario cotidiano proveedor de condiciones de bienestar en relación

con la fortaleza del vínculo social (Ramírez, 2012 y 2011); como expresa Borja (1998, p. 15): “es un lugar de relación y de identificación, de contacto entre las gentes, de animación urbana, a veces de expresión comunitaria”. De acuerdo con García-Doménech (2014), para abordar la interpretación del espacio público se comienza desde la clave social, que representa su razón de ser, a lo que se adhiere la clave estética (física); además, agrega que la cualidad de lo común puede ser resultado de la interacción entre lo privado y lo público, en un ciclo de coexistencia de ambas esferas debido a la presencia del opuesto y “este diálogo es el responsable de establecer un correcto equilibrio” (p. 76). Por tanto, el espacio público se define como un ámbito común proveedor de bienestar que se construye en la vida cotidiana a través de su apropiación y su uso, determinados tanto por condicionantes físicas y materiales como por aspectos sociales, y que conlleva la interacción, el fortalecimiento de los vínculos sociales y la expresión comunitaria, y su coexistencia con la vivienda en un modo de expresión dialéctico es ineludible.

Tomando como base a Giglia (2012, p. 10), la *vida cotidiana* se refiere a la interacción que surge a partir de rutinas, hábitos y prácticas sociales que representan el proceso de habitar. En tal proceso confluye lo colectivo; es decir, el habitante como miembro de una comunidad, cuya base es la interacción con el otro en el espacio físico y social (Mead, 1993). En este trabajo, tal comunidad es aquella que reside en un conjunto habitacional conformado por agrupaciones de vivienda de interés social dispuestas en serie y homologadas, cuyo diseño guarda relación estrecha con el área de uso social, en coincidencia con Villavicencio, Durán, Esquivel y Giglia (2000).

La vivienda de interés social se define como la encargada de “proporcionar alojamiento a familias social y económicamente vulnerables que carecen de un ‘lugar’ donde vivir, es decir, de un espacio habitable, independiente, con el propósito de satisfacer una necesidad material básica y vital” (Maya y Maycotte, 2011, p. 39); o sea, se trata del recinto satisfactor de necesidades indi-

viduales y familiares bajo las condicionantes de habitabilidad, dirigida a la población con vulnerabilidad social y económica, producida por el Estado mexicano para los trabajadores derechohabientes asalariados de bajo ingreso (de un salario mínimo mensual o más).⁴ Como explica Giglia (2012, pp. 103, 104), la vivienda de interés social es un recinto cuya habitabilidad coexiste con el espacio público; sin embargo, las funciones no solucionadas en la vivienda han causado que esta se extienda de manera indefinida hacia el área pública para resolverlas. La habitabilidad apunta a la satisfacción, que implica sentirse bien; en coincidencia con Mena (2011, p. 299), “lleva implícito un sentimiento de agrado, de gusto, y de fascinación (...) hablar de habitabilidad es hablar de satisfacción, una satisfacción que al ser adquirida se mueve entre varios matices desde la insatisfacción total hasta la satisfacción total”; es decir, implica diversos grados de bienestar obtenido a partir de la apropiación y el uso, así como el agrado y el gusto subjetivo en relación con las características de cada población.

La habitabilidad “expresa una aspiración de bienestar que involucra, además de las condiciones físicas de la vivienda, el ambiente socio-cultural (prácticas sociales cotidianas, pautas de consumo, la identidad y el imaginario colectivo, lazos sociales) que contribuye al bienestar personal y colectivo” (Cruz-Muñoz e Isunza, 2017, p. 189); esto es, el entorno inmediato tiene un peso fundamental como satisfactor en el habitar cotidiano; como afirman Espinoza y Gómez (2010, pp. 67, 68): “puede ser estudiada a través de las formas de apropiación que los habitantes desarrollan para estabilizar su proceso de interacción con el espacio habitado”; esto es, la adaptación entre las expectativas y la realidad percibida en un proceso de apropiación (Maycotte, 2010), que se refleja en las transformaciones físicas, los acondicionamientos del espacio y las prácticas sociales. Lo anterior depende tanto de la manera como se utilizan los espacios y la correspon-

4. Por otra parte, la vivienda social es la producida por los propios usuarios, que lo hacen en varias etapas, según las necesidades en cada periodo de vida y la capacidad económica, sin intermediario financiero e inmobiliario.

dencia de estos a las formas de habitar de sus usuarios (Chardo, 2008); de tal suerte, el análisis que atañe plantea la interdependencia entre la vivienda y el entorno próximo, cuya evaluación de satisfacción se aborda a través de los tipos de apropiación y uso y sus efectos. Así, en la trama de la problemática expuesta se han realizado algunos estudios, a partir de los cuales se construyen las variables e indicadores para dar respuesta a las preguntas planteadas, como se desarrolla a continuación.

Mejía (2012) realiza un estudio acerca de la satisfacción en dos conjuntos de vivienda social, Álamos I y La Cascada, Medellín, Colombia. Enfatiza la relación entre la unidad residencial, como extensión de las actividades de la vivienda, y la casa que comunica y exhibe las necesidades, los gustos, las costumbres y el estatus de sus habitantes. Parte de la problemática del tamaño de la vivienda, así como de variables en relación con la infraestructura del entorno y el contexto económico, social y cultural, y plantea que:

la valoración que el habitante hace de su ambiente residencial tiene que ver con el grado de satisfacción y comodidad que tiene al respecto, basado en la comparación entre el ideal o patrón que construye desde su hábitat origen, y lo que constituye el hábitat destino (p. 207).

Por tanto, determina tres criterios de evaluación conducta-actuación: rechazo, adaptación y abandono. De esto, se considera la relevancia que puede tener la procedencia y la personalización de gustos en el proceso de rechazo, adaptación o abandono, como determinantes en los modos de apropiación y uso.

Mena (2011) hace referencia a un estudio sobre habitabilidad en viviendas de interés social en Mirador de Calasan, Medellín, Colombia. Parte de tres dimensiones: la físico-espacial en relación con la calidad de la vivienda y el entorno; la sociocultural, que alude a las relaciones sociales en cuanto a la integración social, los conflictos y la manera de enfrentarlos, y la socioeconómica, en virtud de las características demográficas de

la población. Expone que a través de la habitabilidad se manifiestan y representan conflictos, particularmente, físico-espaciales que conducen a su vez a problemas de tipo social y económico; además, toma al sujeto como eje ordenador del tejido entre las relaciones y los conflictos. De ello, en una secuencia de causa y efecto, se reivindica el proceso de análisis integral entre las características físicas y los aspectos socioeconómicos.

Esquivel y Castro (2015) realizaron una investigación en el conjunto urbano San Buenaventura, Ixtapaluca, estado de México, centrado en el impacto que tienen la localización y la interrelación con el entorno barrial. Estos autores abordan el conflicto como efecto de la apropiación y el uso de los espacios comunes y la vivienda, cuyo origen remite a las condiciones físicas, como la mala calidad del material, el tamaño de la vivienda y la falta de servicios como el agua, entre otros que se reivindican en la presente y coinciden con lo planteado por Mena (2011). También, Shteingart y Camas (1998) hacen énfasis en torno a la convivencia y las relaciones vecinales, variables que han sido poco examinadas. Otra investigación (Esquivel, 2005), sobre la vida cotidiana y la identidad, retoma el enfoque de análisis fenomenológico, partiendo del modo en que las prácticas cotidianas de los individuos se llevan a cabo en los espacios de su hábitat, lo que implica un proceso de concreción o no de la vida social a través de la conducta y la interacción con los demás y el espacio.

En síntesis, la investigación tiene un enfoque conceptual y metodológico de carácter arquitectónico y urbano, sustentado en la satisfacción como indicador de la habitabilidad, la cual se evalúa a partir de dos ejes de análisis, por un lado, la dimensión urbana-arquitectónica representada por las condicionantes físicas y materiales: la superficie, la calidad de los materiales, los servicios (agua potable y recolección de basura), el cuidado y el mantenimiento; por otro, la dimensión socioeconómica representada por las diversas prácticas y relaciones sociales con

base en la procedencia, la personalización, la (in) seguridad social y el ingreso económico.

PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS: CUALITATIVO Y CUANTITATIVO

Para analizar la dimensión arquitectónica-urbana se realiza observación directa en las áreas de estudio Los Mangos 1 y 2 (con 546 viviendas) y Geovillas del Real (con 2,028 viviendas), en varios momentos (2013, 2014, 2015 y 2019).⁵ Dicha técnica permite la recopilación de información en diferentes periodos e intervalos, tanto de las características físicas y sus transformaciones como de las prácticas individuales/colectivas y las relaciones sociales, cuya interpretación se hace a partir de cada unidad de análisis (Lofland y Lofland, 1995).⁶ Además, con el objetivo de conocer con profundidad los problemas sobre el espacio público y la vivienda, se aplicaron entrevistas semiestructuradas tanto a transeúntes como a miembros del comité vecinal (octubre de 2013, agosto de 2014, febrero de 2015 y mayo de 2019) a partir de cinco tipos de preguntas: de opinión, de expresión de sentimientos, de conocimiento, sensitivas y de antecedentes (Mertens, 2005). Respecto de la última etapa, mayo de 2019, debido a que con antelación se habían reconocido las problemáticas, salieron a la luz conflictos colaterales. La cantidad de entrevistas se determina a partir de la saturación de los temas, y para su interpretación se agruparon por categorías (ambiental físico/ambiente social) y relaciones (causa-efecto), cuya cuantificación se ejecutó a través de la frecuencia.⁷ En Geovillas del Real

se hicieron 26 entrevistas: a tres miembros del comité vecinal (dos mujeres y un hombre) y a 23 transeúntes (dieciséis mujeres y siete hombres); posteriormente, en mayo de 2019, se realizan siete entrevistas, a dos miembros del comité vecinal (mujeres) y a cinco transeúntes (cuatro mujeres y un hombre). En Los Mangos 1 y 2 se hicieron quince entrevistas: a dos miembros del comité vecinal (mujeres) y trece transeúntes (siete mujeres y seis hombres); después, en mayo de 2019, se efectúan cinco entrevistas, a un miembro del comité vecinal (una mujer) y a cuatro transeúntes (tres mujeres y un hombre).

Respecto de la encuesta, para conocer el punto de vista representativo de los habitantes sobre los temas o variables se aplica una encuesta en febrero de 2015; posteriormente, en septiembre de 2019, para elegir la vivienda se recurre al muestreo aleatorio simple por área de análisis.⁸ Para calcular el número de cuestionarios se desarrolla el procedimiento estadístico de la ecuación $Z_p = (1.96)^2 (0.5) (0.5) / (0.05)^2$, con el 95% de confianza y un error de precisión del 5%. No obstante, las limitaciones en cuanto al problema de la seguridad fueron un impedimento, pues los secuestros, los asesinatos, los robos y los asaltos son habituales, por lo que solo se aplican 30 encuestas en cada enclave y las preguntas se centran en aspectos sobre la dinámica cotidiana, y se omite preguntar sobre ingresos o gastos personales. Por un lado, el perfil de los encuestados en Geovillas del Real corresponde a mujeres entre 20 y 55 años de edad (75%) y hombres entre 30 y 60 años de edad (25%), las mujeres con ocupación en labores del hogar (80%) o su combinación con un trabajo de medio tiempo (20%); los hombres, en empleos de servicio, obreros o actividad informal. Por otro lado, las características de los encuestados en Los Mangos 1 y 2 son: mujeres entre 33 y 60 años de

5. Los tres primeros momentos corresponden al proceso de investigación doctoral (octubre 2013, agosto 2014, febrero 2015); el cuarto momento, a partir de mayo de 2019, se hizo en una estancia posterior con la finalidad de dar seguimiento al proceso de evaluación y su coincidencia o no con los resultados de la tesis.
6. La unidad de análisis corresponde a un punto de observación del espacio público estudiado a partir de la dicotomía ambiente físico/ambiente social.
7. Sobre la base del análisis de las respuestas se encontraron los problemas (causa-efecto), los que se agruparon en varios temas por nivel de relevancia (categorías), por lo que, en el apartado "Discusión" solo se rescataron algunos argumentos que expresan la esencia.

8. Para identificar las personas que participaron en la entrevista y la encuesta se utiliza un código que se forma con el número que le corresponde como entrevistado o encuestado, las iniciales del conjunto habitacional y el año en que se aplica el instrumento. Por ejemplo: Entrevistado 4, Geovillas del Real, 2015 es igual a ENT4GR, 2015 o Encuestado 5, Geovillas del Real, 2015 es igual a ENC5-GR, 2015. Para Los Mangos 1 la clave es LM1 y para Los Mangos 2 es LM2.

edad (80%) y hombres entre 40 y 65 años de edad (20%), las mujeres con ocupación en labores del hogar (60%) o su combinación con un trabajo de medio tiempo (40%); los hombres en empleos de servicios, obreros o profesionales (el intervalo de edad de los habitantes en ambos conjuntos es de 20 a 65 años).

DISCUSIÓN SOBRE LAS DIMENSIONES ARQUITECTÓNICA-URBANA Y SOCIOECONÓMICA

El análisis entreteje la dimensión arquitectónica-urbana con la dimensión socioeconómica, con la premisa de que las condicionantes físicas y materiales son interdependientes con las prácticas y las relaciones sociales, en coincidencia con Cruz-Muñoz e Isunza (2017), por lo que, para fines de la evaluación se exponen de manera intercalada.

Para empezar, las condiciones físicas de la vivienda son una de las variables consideradas en la evaluación, por lo que se pregunta a los habitantes lo siguiente: ¿Cómo considera las condi-

ciones de su vivienda en relación con la superficie, el confort, la acústica, el material, la altura, las goteras, el salitre, las cuarteaduras y los humedimientos? En ambos conjuntos habitacionales el tamaño insuficiente de la vivienda, la falta de aislamiento acústico en los muros, las cuarteaduras en juntas constructivas, la presencia de goteras en la losa, la mala calidad del material y la falta de confort fueron los problemas mencionados con mayor frecuencia (figuras 1 y 2).

Subsecuentemente, para profundizar, se pregunta: ¿Qué es lo que menos te agrada de la vivienda? De acuerdo con las respuestas, Geovillas del Real y Los Mangos 1 y 2 se parecen en cuanto a que en ambos los habitantes expresan, en mayor medida, la falta de espacio, y la mala calidad del material, que relacionan con el deterioro en muros, acabados, puertas y ventanas; no obstante, Geovillas del Real presenta mayor porcentaje en insuficiencia de servicios como la escasez de agua, la falta de energía eléctrica, la falta de vigilancia y la mala ubicación; en Los Mangos 1 y 2, solo se enfatiza el ruido excesivo en las calles (figuras 3 y 4).⁹

9. En Geovillas del Real, los muros son de bloque de concreto tipo “gafa”, que es un material térmico prefabricado, sin embargo, se utilizó mortero pobre para pegarlos, así, las secuelas se evidencian en la presencia de grietas en muros y goteras en losa. A lo que se suma el efecto de la losa de cimentación realizada con material pobre, en suelo arcilloso y con alto grado de humedad: se colocó una película plástica entre el suelo y la losa de cimentación, pero la presencia de humedad, grietas y cuarteaduras en el piso es muestra de su mala calidad. En Los Mangos 1 y 2, el sistema constructivo trata de la técnica tradicional combinada con materiales industriales: zapata aislada de concreto, muros de carga de tabique rojo y bloques prefabricados en muros divisorios. No obstante, presenta cuarteaduras en muros, sobre todo en los divisorios. En ambos, las puertas y las ventanas son prefabricadas, asimismo, los acabados en piso y muros.

FIGURA 1
Condiciones de la vivienda en Geovillas del Real.

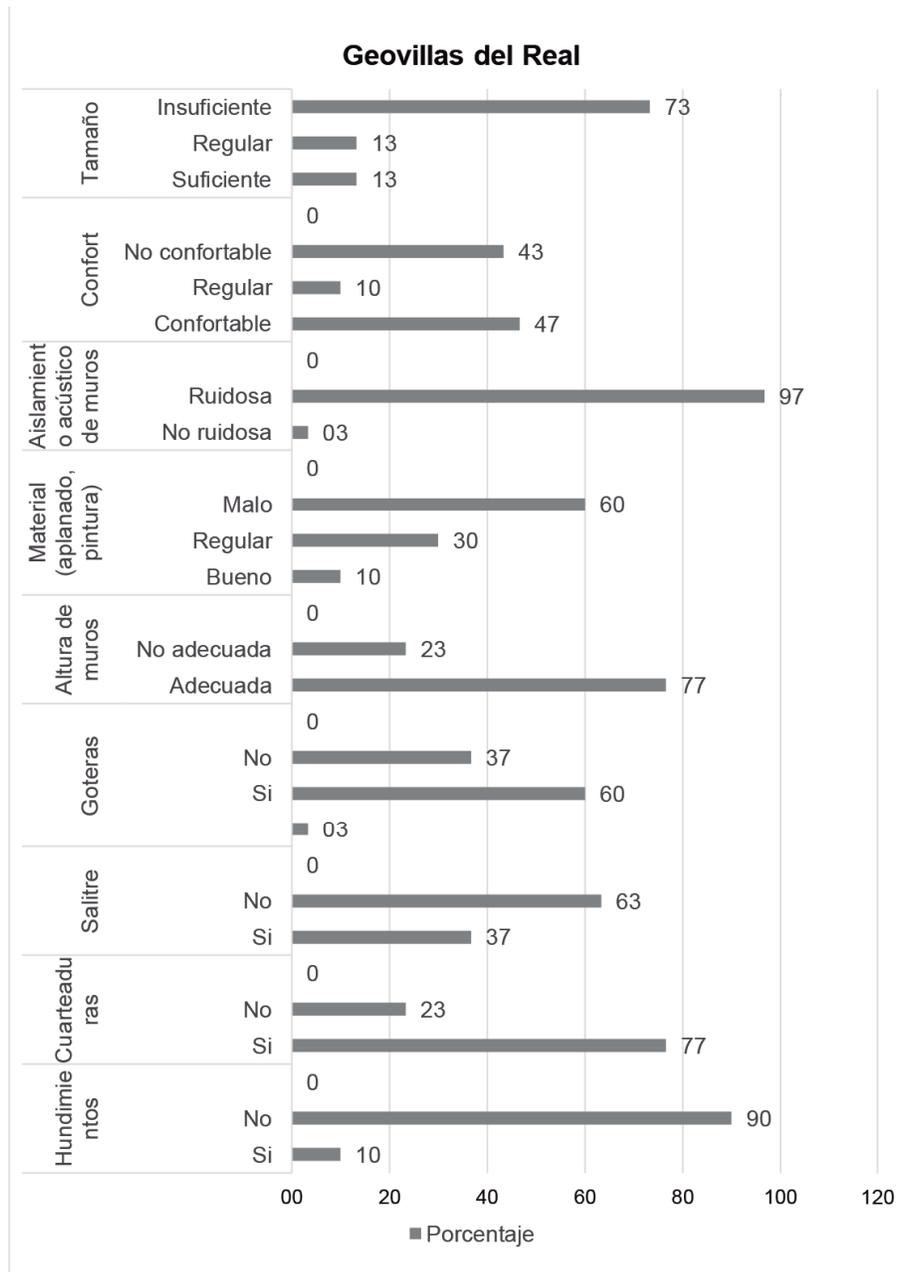
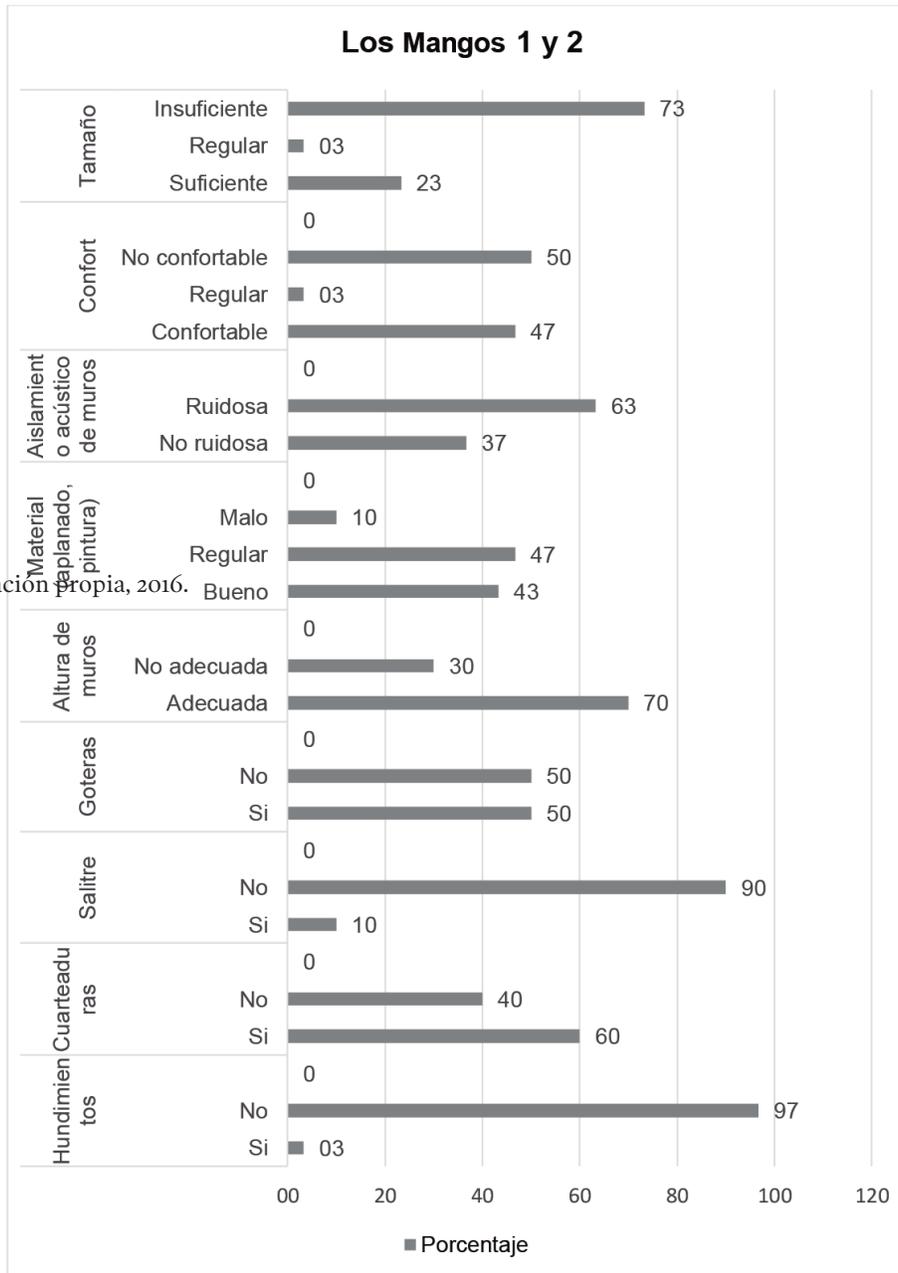


FIGURA 2
Condiciones de la vivienda en Los Mangos 1 y 2



Fuente: Elaboración propia, 2016.

FIGURA 3

Agrado por la vivienda en Geovillas del Real.

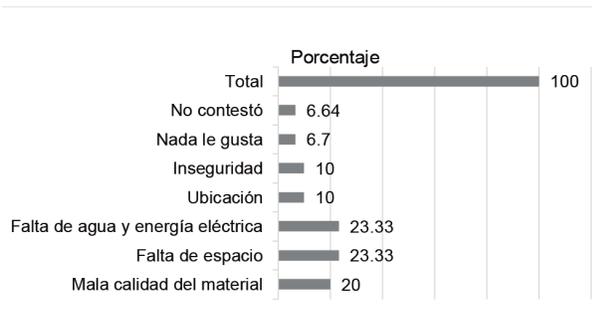
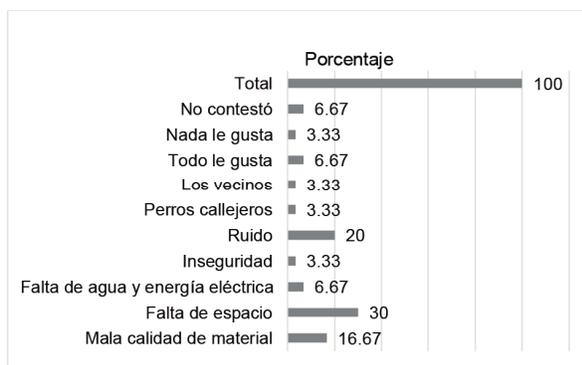


FIGURA 4. Agrado por la vivienda en Los Mangos 1 y 2.



El problema del tamaño de la vivienda se correlaciona con el número de personas que la habitan; sobre la base de los resultados de la encuesta se dedujo que, en ambos conjuntos, al menos el 73.3% de la muestra tiene un promedio de cuatro integrantes por familia. En Geovillas del Real la vivienda tiene 45.00 m², por lo que, su densidad de ocupación es de 11.25 m²/persona; en Los Mangos 1 y 2 la vivienda tiene 60 m², que corresponde a 15 m²/persona; en particular, el 23.3% corresponde a familias de cinco integrantes (12 m²/persona). Por ende, los habitantes perciben un tamaño insuficiente; de ahí que se vean en la necesidad de extender las actividades privadas hacia el espacio público. En adelante se realiza su valoración a través de un análisis integral con los procesos de apropiación y uso del espacio público contiguo a la vivienda, en cuanto a su impacto en la satisfacción, que implica la abstracción vinculada entre la dimensión arquitectónica-urbana y la dimensión socioeconómica.

Vivir en condominio, Geovillas del Real. Las viviendas están organizadas en condominio de dos o tres niveles, con áreas comunes. Las fachadas están orientadas hacia la calle o hacia zonas con dificultades en su acceso, lo que impide una accesibilidad adecuada y su integración a la vida pública. En la superficie o sección de terreno (por ejemplo, 100.0 m² para el tipo dúplex con vivienda de 45.0 m², aproximadamente) sobre el que se construye el edificio, en su diseño original, las áreas residuales se han destinado a jardineras, circulaciones y pasillos, sumados al espacio para el estacionamiento.

En el caso de las viviendas del primer nivel, algunas se han extendido hacia los jardines comunes con la instalación de cubiertas de lona y apoyos verticales de metal, madera u otro material rígido; también se han construido muros bajos para crear terrazas adjuntas a la vivienda, en la parte frontal o lateral. Según Bentley, Alcock, Murrain, MacGlynn y Smith (1999, p. 58), se trata de un área activa, pues “algunas actividades internas del edificio pueden beneficiarse al poder ampliarse al exterior inmediato”; esto puede ser adecuado siempre y cuando se trate de un grado de apropiación y uso consensuado entre los vecinos; de lo contrario, lleva al conflicto y la fragmentación social (figuras 5 y 6).

FIGURA 4

Agrado por la vivienda en Los Mangos 1 y 2.



Fuente: Elaboración propia, 2015.



Fuente: Elaboración propia, 2015.

En el caso de las viviendas del tercer nivel, los habitantes han optado por la colocación de rejas después del descanso de la circulación vertical. En cualquier caso, se trata de la extensión del espacio privado familiar, debido a que este no tiene dimensión suficiente: el área para la sala comedor es de 2.85 m por 2.83 m, cuando solo para la colocación de un sofá de dos y tres cuerpos el área mínima debe ser de 3.0 m por 2.40 m, a lo que se suma los muebles del comedor (la mesa rectangular para cuatro personas ocupa un área de 1.2 m por 1.5 m).¹⁰

En el contexto puntualizado han surgido enfrentamientos, como describe un habitante de la planta baja de un condominio de tres niveles:

...el conflicto también es, aquí hay mucho problema por miedo de tender la ropa. Pero la gente dónde va a tender si aquí no hay espacio, no tienes nada (...) porque tú ves en los tubos de las escaleras, ahí tiende la ropa la gente. La gente que vive ahí “pues ese es mi pedazo”, “el otro es mi pedazo”, “mi pedazo”, “no tiendas porque me empiezas a oxidar el tubo, empiezas a hacer daño” (...) todo eso. Entonces, hay conflictos, problemas (ENT5GR, 2014).

El patio de servicio mide 1.45 m por 2.80 m; en dicha superficie se acomoda el lavadero, el ca-

lentador, la lavadora; además, es útil para guardar productos de limpieza y objetos de poca utilidad doméstica, por lo que difícilmente su dimensión es suficiente para tender la ropa, y los habitantes deciden hacerlo en la sala y las recámaras, o incluso en las áreas comunes.

También, bajo las circunstancias de vulnerabilidad ante la falta de abasto de servicios, algunos habitantes del segundo y el tercer nivel toman decisiones individuales sobre el espacio común, un vecino dice:

...el problema que tenemos de la cisterna aquí en frente de la casa (...) toda cisterna sabemos que va hacia abajo, a profundidad verdad, pero este, no respetaron los acuerdos, verdad, que hubo entre vecinos y este una vez que llegamos, veníamos llegando aquí en la casa vimos que la cisterna ya la habían levantado (ENT4GR, 2014).

La falta de abastecimiento de agua y la carencia de cisternas para su almacenamiento repercuten en la apropiación y el uso del área común; la construcción de cisternas y la colocación de tinacos y recipientes en pasillos, vestíbulos, jardines, escalones, estacionamientos y banquetas se hace con la intención de reservar agua, que solo se provee una o dos veces a la semana; no obstante, tiene efectos en la libre circulación y en las relaciones vecinales. Esto es, ante las decisiones colectivas se sobrepone la satisfacción de necesidades básicas individuales y familiares para la sobrevivencia, aunque ello implique infringir las reglas de copropiedad, cuyo efecto es el conflicto que se refleja en gestos, malas palabras y hasta amenazas.

La organización de fiestas en las áreas comunes es otro factor de enfrentamiento, ya que en ocasiones tales eventos se prolongan hasta la madrugada; asimismo, la falta de orden y limpieza es otro detonante, debido a que quienes hacen la fiesta no recogen el mobiliario utilizado y la basura generada. El respecto un habitante enuncia:

Ellos acostumbran a tomar aquí afuera y a poner frituras, envases de cerveza, basura, bueno así cosas (...) no levantaban las mesas o las sillas, nada. La música toda la noche y hasta el medio-

10. De acuerdo con los muebles estándar del mercado mexicano.

día del otro día. Entonces todas esas cosas nos molestaban” (ENT4GR, 2014).

Tiempo después, otro habitante expresa:

...difícil vivir aquí, hemos pasado por mucho, ahora algunas personas están dejando sus casas (...) nooo no aguantaron (...) muy difícil aguantar el ruido de algunos, no respetan, y son cochinos, dejan por aquí o por allá su basura y en lo que pasa el camión a recogerla, además ni quieren pagarle (ENT1-GR, 2019).

La molestia causada por el ruido se debe tanto a los altos decibeles y la insuficiente acústica en los muros como a la carencia de un espacio o salón para fiestas, a lo que se agrega la falta de conciencia. Entre viviendas el muro construido es de tipo medianero, que resulta insuficiente para el aislamiento sonoro y provoca la exposición de la vida privada, más aún, la irrupción de la privacidad de los vecinos. Por otra parte, la escasez del servicio de recolección de basura, el déficit de contenedores colectivos y la falta de superficie en el patio de servicio son factores que inciden en el uso de las zonas comunes: los habitantes colocan bolsas o botes de basura en las banquetas, las circulaciones y las jardineras, así, al pasar los días su descomposición provoca malos olores, y los perros las saquean; más aún, la falta de recursos para pagar el servicio de recolección de basura induce a que sea desechada en las áreas baldías (figura 7).

En cuanto a la falta de áreas recreativas, algunos habitantes han optado por transformar los jardines adjuntos a sus viviendas, “para que estén los niños ahí, tengan un área donde puedan estar más” (ENT5GR, 2014). En analogía, Mena (2011, p. 311) indica: “la ausencia de equipamientos genera la apropiación y el uso por parte de los residentes de espacios con funciones diferentes a las establecidas”; no obstante, pocos cumplen con las expectativas porque el tamaño es insuficiente para instalar mobiliario urbano y juegos para los niños: “con nada de esas garantías para dar alegría a los niños” (ENT5GR, 2014) (figura 8).

FIGURA 8A

Basura en área común.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

FIGURA 8B

Adaptación para área recreativa.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Otro caso peculiar, un habitante cuya vivienda está en segundo nivel proviene de una comunidad rural de la sierra baja totonaca, del municipio de Espinal, Veracruz, y expresa sobre un espacio recreativo:

...no es de nadie, todos lo usan, pero solo mi marido y yo lo limpiamos. Hemos acondicionado un huerto porque en el rancho se acostumbra. Allá todos nos poníamos de acuerdo y teníamos limpio. Allá abajo tenemos leña porque a veces bajamos a cocinar, como antes cocinábamos. Aquí es otra cosa (ENT13-GR, 2015).

El comentario manifiesta el modo de habitar en una vivienda tradicional vernácula, donde la preparación de alimentos se realiza en la parte exterior, junto a la vivienda. Como explica Boils (2006: 168), esta práctica tiene la finalidad de preservar fresco el espacio principal de la vivienda, ante las condiciones climáticas; asimismo, por los usos y costumbres adquiridos del hábitat precedente.

Por un lado, los tipos de apropiación en las áreas de uso común analizados resultan del tamaño insuficiente tanto de la vivienda como del mismo espacio público. A dicha situación se agrega la mala calidad de los materiales y del proceso constructivo, la falta, o el nulo abasto, de servicio de agua y de recolección de basura. Por otro lado, se trata de una representación cultural del lugar de origen (el 80% proviene de colonias populares o zonas rurales), en respuesta a las circunstancias físicas y sociales del lugar destino. Así, el proceso de adaptación se traduce en conflicto, enfrentamiento o hasta indiferencia, con secuelas colaterales en las relaciones vecinales.

Vivir en fraccionamiento, Los Mangos 1 y 2. Las viviendas unifamiliares están organizadas en edificación perimetral; es decir, cada lote tiene una fachada frontal orientada a la calle, lo cual permite “la distinción delante/detrás —con el espacio más privado en la zona trasera y la más pública en la delantera” (Bentley *et al.*, 1999, p. 14). Los lotes tienen un intervalo de 6.50 m a 8.0 m de ancho, por 12 m de largo; la vivienda comprende el ancho del terreno y su fachada posterior se yuxtapone a la barda perimetral, por lo que en la parte frontal hay un espacio libre de 4.0 m, cuyo diseño original está destinado para estacionamiento, patio, o ambos.

A lo largo del tiempo, los habitantes extienden el espacio privado hacia el área destinada para estacionamiento; cuando es permanente, los muros y las cubiertas se construyen con materiales de concreto y acero (destinado para sala, dormitorio, terraza o uso comercial). Cuando es provisional, se colocan lonas sostenidas con elementos verticales de madera, metal o plástico; se utiliza como bodega, patio de mascotas, o simplemente para dar sombra a la fachada delantera por la falta

de árboles; otras veces no se agregan muros o cubiertas y se transforma en jardín (figuras 9 y 10).

FIGURA 9

Ocupación de patio frontal.



Fuente: Elaboración propia, 2014.

FIGURA 10

Extensión de vivienda hacia patio frontal.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Un habitante afirma:

La vivienda al inicio es pequeña, pero uno va ampliando conforme se va teniendo dinero o surgen necesidades, pues que ya tienes otro hijo, o el nieto, el pariente (...) lo bueno es que tenemos para donde crecer (...) allá donde vivíamos antes de llegar aquí, así le hacían, de poquito se iba ampliando la casa (ENT1-M1, 2019).

Como se ha indicado, la procedencia es otra de las circunstancias que intervienen en la percepción que se tiene del contexto físico y social. La mayoría de los habitantes de Los Mangos 1 y 2 proviene de colonias populares (80%), y está acostumbrada a vivir en un contexto diferente al que ofrece un fraccionamiento, pues la vivienda popular o autoconstruida se distingue, como dice Giglia (2014, p. 85), “siguiendo una lógica de crecimiento que refleja las posibilidades y las necesidades de los habitantes a lo largo de varios años”. De esta manera, los habitantes reproducen costumbres internalizadas del hábitat de origen, por medio de las cuales perciben, interpretan, evalúan y transforman el hábitat de destino (Mejía, 2012, p. 208).

Algunas viviendas se amplían de manera vertical, con dos o tres niveles, con el propósito de incrementar el número de recámaras, agregar terrazas y balcones, o para tener una bodega y un área de servicio extra en la azotea. También, debido a que el proyecto inicial propone fachadas homogéneas, los habitantes las personalizan con la intención de caracterizarlas del resto, modifican el color, el acabado de los muros, las protecciones en puertas o ventanas y hacen incrustaciones decorativas.

Es frecuente que se coloquen macetas y se acondicionen jardineras en el área de la banqueta, cuyo cuidado queda en manos del habitante que realiza tal personalización, aunque muchas veces los arbustos que se plantan para proporcionar sombra obstruyen el paso porque la dimensión de la banqueta es insuficiente (0.60 m a 1.00 m de ancho, en promedio), lo que dificulta la circulación peatonal (figura 11). La personalización como proceso positivo de apropiación conlleva las transformaciones en la vivienda y su entorno, como señalan Bentley *et al.* (1999, p. 99, 100): “es una afirmación de sus propios gustos y valores: personalización como afirmación”. Pero no solo para el habitante en sí, también lo es “ante los demás más allá de sus límites, ya sean reales o supuestos. Este límite separa la propiedad privada del dominio público”. Es decir, las modificaciones a la vivienda corresponden a gustos y valores de

los habitantes, lo cual significa marcar su propia huella hacia el exterior para sobresalir del resto, un habitante enuncia:

...cada uno va cambiando los colores de las paredes, poniendo macetas o sembrando flores, enfrente de nuestras casas para sentirnos bien aquí, queremos que se vea bonito para que digan que aquí vive gente de nivel, yo riego esas plantas (...) a otros les vale, pero a mí no, mi casa habla de mí (ENT6-GR, 2019).

Por otro lado, las tiendas de abarrotes resultan de la ampliación hacia la zona del estacionamiento; tienen puertas que abaten hacia la banqueta y exponen algunos productos sobre ella, sin embargo, el paso peatonal es interceptado (figura 12). Por las tardes, algunos habitantes colocan sillas, bancas y sillones en la banqueta o en la calle, con la finalidad de observar, descansar o platicar con los vecinos. De manera simultánea, vigilan a los niños mientras juegan en la calle, “mientras ellos juegan en la calle (...) nosotros sentimos responsabilidad porque los conocemos y aprovechamos para ponernos al corriente con los vecinos” (ENT2-GR, 2019). En dicha dinámica pasan otras personas y dirigen el saludo, otras veces se incorporan a la conversación para tratar asuntos cotidianos (figura 13).

FIGURA 11

Jardineras en banqueta.



Fuente: elaboración propia, 2019.

FIGURA 12

Abatimiento hacia banqueta y productos.



Fuente: elaboración propia, 2019.

FIGURA 13

Espacio de interacción.



Fuente: elaboración propia, 2015.

En fraccionamiento, el enfrentamiento y el conflicto entre vecinos por el espacio próximo a la vivienda es menor, pues entre ella y la calle existe un área libre que forma parte del mismo terreno, cuyo uso privado abierto funciona como área de transición entre la vivienda y el espacio público (calle). Dicha configuración permite resguardar el ámbito privado de la mirada pública; además, es flexible a transformaciones para satisfacer necesidades privadas que, por el tamaño reducido de la vivienda, o por el aumento del número de integrantes en la familia, no son subsanadas; asimismo, puede ser adaptado para actividad comercial.

Ahora bien, el aspecto económico es un indicador interpolado con la provisión de los servi-

cios, que tiene efecto en la apropiación y el uso. Si se considerara que el tamaño promedio de una familia en ambos conjuntos es de cuatro integrantes y que su rutina común consiste en que el jefe o la jefa de familia se traslada al trabajo una vez al día, el ama de casa va al mercado o lleva al hijo menor a la escuela diariamente, a lo que se suma el traslado a la escuela (o al trabajo) del hijo mayor, el gasto promedio por concepto de transporte público es de 1,440 pesos al mes (dieciocho pesos, ida y retorno): veinte viajes al mes por persona, sin contar sábado y domingo.

En Geovillas los propios habitantes gestionan y pagan los servicios de vigilancia, recolección de basura y mantenimiento: la vigilancia corresponde a una cuota de veinticinco pesos semanales por vivienda (cien pesos al mes), aunque es importante señalar que solo 10% de los habitantes paga; la recolección de basura pasa una o dos veces por semana, y la cuota es de veinte pesos por vivienda (160 pesos al mes). El mantenimiento debe ser realizado por los propios habitantes; no obstante, el problema se debe a la falta de compromiso y organización, esto se agrava por la solvencia económica restringida, que suscita una cultura de no pago. En cuanto al servicio de agua potable, es semiprivado, los habitantes tienen que pagar una cuota mensual fija de 130 pesos a CAEV (Comisión del Agua del Estado de Veracruz). En cuanto a la energía eléctrica, es privada y pública, según el área correspondiente; la Comisión Federal de Electricidad (CFE) abastece al 50% de las viviendas del conjunto habitacional, y el pago es de 200 pesos al mes, más o menos; por otro lado, el 50% no cuenta con servicio de energía eléctrica constante y se abastece por medio de un transformador que trabaja con diésel, a cargo de la desarrolladora inmobiliaria. El ingreso mensual percibido por vivienda/familia está en un rango de 4,000-7,000 pesos, en promedio; en cambio, el gasto por servicios mensual es de 2,030 pesos al mes; esto es, una tercera parte o la mitad del ingreso familiar, según se trate.¹¹

11. En Geovillas del Real la cifra del ingreso mensual la proporcionó un trabajador de la inmobiliaria, en 2012, quien comentó que era mayor a ocho mil pesos mensuales. Sin embargo, agregó que la crisis laboral ha reducido la

En Los Mangos 1 y 2 el municipio es el encargado de proporcionar el suministro de vigilancia, recolección de basura, alumbrado público y mantenimiento, aunque de manera limitada; a saber, la patrulla de seguridad solo hace dos o tres rondas al día. En cuanto al mantenimiento, por una parte, el municipio atiende tanto las acciones de cuidado y limpieza como el suministro de mobiliario urbano; por otra, los propios habitantes son quienes se hacen cargo de poner la mano de obra en caso de requerir la reparación del mobiliario o la construcción de algún componente, así como del cuidado y la limpieza. El costo del suministro de agua potable y energía eléctrica es aproximadamente de 150 pesos y 200 pesos al mes por vivienda, respectivamente. Por tanto, el gasto total mensual es de 1,790 pesos, más o menos, que corresponde a una cuarta parte del ingreso mensual promedio (6,000-7,500 pesos).¹²

En particular, la necesidad de vigilancia es un indicador relacionado con la (in) seguridad, cuya incertidumbre se debe, por una parte, a la presencia del crimen organizado, que aumentó a partir de 2006 cuando se instruyó la lucha armada contra ellos (Nava, 2012), a lo que se suma la crisis laboral que ha traído consigo el aumento de los robos y asaltos. El resultado ha sido el deterioro social (Velásquez, 2010),¹³ situación que afecta la sensación de confianza en el proceso de apropiación y uso del espacio público: a saber, en cuanto la consideración sobre la incidencia de peleas, robos y delitos, por parte de los habitantes de ambos conjuntos, el porcentaje es similar, con una diferencia de 3.4%; sin embargo, en Geovillas

de Real la estimación *regular* aumenta 57.6%, con una diferencia de 20.9% respecto de Los Mangos 1 y 2 (figura 14), que califica la buena calidad del servicio de vigilancia con 76.7%, mientras que en Geovillas del Real se estima con un porcentaje menor (36.7%) (figura 15). Dichas apreciaciones exponen la relación proporcional entre la vigilancia y la seguridad que, en cierta medida, representa la incertidumbre en la apropiación y el uso del espacio público, porque la desconfianza se incrementa cuando algún miembro de la familia utiliza el área social: en Geovillas del real, el 60% percibe desconfianza y en Los Mangos 1 y 2, el 56,7%.¹⁴

FIGURA 15

Incidencia de peleas, robos y delitos.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

FIGURA 14

Incidencia de peleas, robos y delitos.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

percepción mensual de las familias, cuyo(a) jefe(a) de familia laboraba en medianas o microempresas privadas; el desempleo y la reducción de inyección económica a la zona conurbada no se ha subsanado a raíz de la crisis petrolera en la región.

12. Según las encuestas realizadas en Geovillas del Real y Los Mangos 1 y 2, entre el 35% y el 40% de los participantes manifestó estar desempleado desde 2013 por la falta de oportunidades laborales en la zona. Por ello han optado por generar actividades informales, y su actual ingreso es de 3 smm o menos, según lo expresado por algunos encuestados, lo cual no significa que se ello aplique a todos los habitantes de los enclaves.
13. El grupo paramilitar criminal de los Zetas, quienes han cometido actos de secuestro, extorsión, tráfico de personas, homicidio, tráfico de droga y robo a mano armada.

14. El problema de la seguridad se expone en referencia a los resultados de un estudio extenso realizado anteriormente por el autor sobre "percepción de seguridad".

Para la contrastación del impacto en los tipos de apropiación y uso examinados, se pregunta a los encuestados en dos momentos diferentes: *¿Qué tan satisfecho se siente con el conjunto habitacional?* En 2015, mientras que en Geovillas del Real menos de la mitad de la muestra responde sentirse satisfecha o muy satisfecha (40%), en Los Mangos 1 y 2 casi tres cuartas partes dicen sentirse satisfechas o muy satisfechas (73%). En 2019, en Geovillas del Real aumentan las respuestas en cuanto a la insatisfacción o indiferencia (60%), y solo el 40% expresa sentirse satisfecho o muy satisfecho. En Los Mangos 1 y 2 el porcentaje aumenta siete unidades en satisfechas o muy satisfechas (80%). Los Mangos 1 y 2 tiene similitud con Geovillas del Real, ambos presentan condiciones precarias, aunque en Los Mangos 1 y 2 en menor medida. Geovillas del Real fue producido en la segunda etapa de la producción industrial, cuando aumentaron las deficiencias en la vivienda y el espacio público debido al ahorro de tiempo, costo y mano de obra, a lo que se agrega la falta de provisión de los servicios básicos; en consecuencia, la satisfacción obtenida disminuye.

CONCLUSIONES

En el marco de la habitabilidad, el esquema industrial para la construcción de conjuntos habitacionales de interés social ha traído consigo la disminución de obtención de satisfacción por parte de sus habitantes. La satisfacción es proporcional a los tipos de apropiación y uso suscitados en el área social, e implica el impacto simultáneo en el proceso de habitar. Esto conlleva la resignificación entre la relación espacio público y vivienda que, en mayor grado, se construye a partir de la búsqueda de mecanismos derivados de usos y costumbres para solucionar necesidades no resueltas del ámbito privado, a pesar de que ello involucre desafíos constantes entre vecinos.

La precariedad de las condiciones físicas en la vivienda y su entorno próximo y la falta de abasto de los servicios básicos tienen efecto en las prácticas y las relaciones sociales, que se re-

presentan en el área de uso social a través de diversos tipos de apropiación y uso. Estos emergen con la finalidad de solventar las necesidades no resueltas por el ámbito privado, más que por generar relaciones sociales de encuentro y bienestar en la comunidad; por esta razón tienen impacto sobre el carácter colectivo, accesible y visible de expresión comunitaria del área social, que representa su razón de ser como generador de vínculos sociales. En cambio, en mayor medida, fomenta el conflicto, el enfrentamiento y la indiferencia; esto es, el equilibrio entre público y privado es quebrantado ante la existencia de una línea difusa entre ellos. De este modo, cada uno de los diversos tipos de apropiación y uso expresan un proceso de coexistencia desigual, ante la intercalación de prácticas y actividades que saturan la capacidad del área social, por lo que se difumina la construcción comunitaria.

Igualmente, la procedencia es una determinante en la conducta-actuación y guarda vínculo con los usos y costumbres del hábitat-origen (vivienda popular o rural), donde se resuelven las expectativas de modo progresivo en conexión con la capacidad económica y las costumbres de los usuarios. Luego, con el afán de adaptarse al hábitat-destino, el proceso se reproduce, debido a que el usuario decide solventar las funciones no resueltas por la vivienda y los servicios extendiéndolas hacia el espacio público contiguo, pero los efectos son contrarios al reforzamiento de vínculos sociales, debido a la inexistencia de lazos vecinales de cooperación por su reciente llegada. En sentido positivo, lo anterior se conjuga con la personalización que deriva de gustos y valores de diferencia respecto del otro. También el aspecto económico es un determinante para el cuidado y la apropiación del espacio público que se conjuga con la falta de identidad; por ello, la solvencia económica limitada y la cultura de *no pago* son factores que lo vulneran, pues la satisfacción tiende a ser privativa más que a representar su razón de ser social.

A saber, la interface entre la vivienda en condominio y el espacio público contiguo es menos versátil ante las modificaciones para subsanar

las necesidades que la vivienda no solventa; por tanto, disminuye el área activa familiar y, desde la perspectiva colectiva, se incrementan el conflicto, el enfrentamiento y la indiferencia. Empero, en la interface entre la vivienda unifamiliar y el espacio público, bajo el modelo en fraccionamiento, existe una franja de transición (espacio privado abierto) que permite al habitante tener un margen de libertad para transformar y resolver necesidades subsecuentes: es un componente que aumenta el área activa familiar y disminuye las posibilidades de enfrentamiento por el espacio público inmediato, por lo que se propone como un criterio de diseño clave.

Por otra parte, la seguridad es un indicador que transforma la apropiación y el uso del espacio público, puesto que el miedo y la desconfianza ante la descomposición social limita su carácter accesible, visible e impulsor de vínculos sociales, que se refleja con la instalación de rejas o muros ciegos que resguardan el espacio privado y, por ende, disminuyen la obtención de satisfacción colectiva.

En materia de política pública en coordinación de los tres ámbitos de gobierno (nacional, estatal y municipal), se propone reivindicar la relación entre la vivienda y el espacio público contiguo; esto es, no negar su coexistencia ante los usos y costumbres que persisten desde el hábitat de origen de los habitantes. Por ello, ante los efectos que trae consigo el espacio diseñado por otro y no por el habitante, se propone apuntar hacia el diseño y la construcción participativos, cuya estrategia impulse el carácter social de la vivienda; esto es, a partir de las necesidades de las familias expresadas de su viva voz, y considerarlas para el diseño de su espacio habitable tanto privado como público y de manera progresiva.¹⁵

15. La administración pública federal (2019-2024) ha empezado a reestructurar el sistema de producción habitacional bajo el precepto de bienestar, a través de Programa Nacional de Vivienda (2019-2024), cuya estrategia impulsa el carácter social de la vivienda a través del diseño participativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragonés Tapia, J. I. y M. A. Cuervo Arango (1987), “Satisfacción residencial: un concepto de calidad de vida. Ciudad y calidad de vida”. *Revista de Estudios Sociales y Sociología Aplicada*, (67), 133-154. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2719722>. Consultado: 28 de octubre de 2015.
- Bentley, I.; Alcock, A.; Murrain, P.; MacGlynn, S. y G. Smith (1999), *Entornos vitales. Hacia un diseño urbano y arquitectónico más humano. Manual práctico*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Boils, G. (2006), “Vivienda vernácula en el estado de Veracruz y la mirada de Mariana Yampolsky”, en D. Maawad (Ed.), *La casa veracruzana*. México: Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave/Instituto Veracruzano de la Cultura/Fundación Geo, pp. 143-175.
- Borja, J. (1998), “Ciudadanía y espacio público”. *Ambiente y Desarrollo*, 14, (3), 13- 22. Disponible en: http://www.pieb.org/espacios/archivos/doconline_ciudadania_y_espacio_publico.pdf. Consultado: 11 de octubre de 2019.
- Chardon, A. C. (2008), “Reasentamiento y hábitat en zonas urbanas, una reflexión en Manizales”. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*, 1, (2), 226-247. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/5491>. Consultado: 11 de noviembre de 2019.
- Coppola, P. (1997), *Análisis y diseño de los espacios que habitamos*. México: Pax.
- Cruz-Muñoz, F. y G. Isunza (2017), “Construcción del hábitat en la periferia de la Ciudad de México. Estudio de caso en Zumpango”. *Eure*, 43, (129), 187-207. Disponible en: <https://www.eure.cl/index.php/eure/article/view/1594/1009>. Consultado: 10 de septiembre de 2019.
- Eibenschutz, R. y C. Goya (2009), *Estudio de la integración urbana y social en la expansión reciente de las ciudades en México, 1996-2006: dimensión, características y soluciones*. México: Universidad Autónoma Metropolitana y Miguel Ángel Porrúa.
- Espinoza López, A. E. y G. Gómez Azpeitia (2010), “Hacia una concepción socio-física de la habitabilidad: espacialidad, sustentabilidad y sociedad”. *Palapa*, 5 (10), 59-69. Disponible en: <https://www.redalyc.org/>

- pdf/948/94820714006.pdf. Consultado: 5 de mayo de 2019.
- Esquivel, M. T. (2005), "Vida cotidiana e identidad", en S. Tamayo y K. Wildner (Ed.), *Identidades urbanas*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 57-90.
- y J. Castro (2015), "Los grandes conjuntos urbanos y su espacio en la periferia metropolitana: a una década de San Buenaventura, Ixtapaluca", en A. Lindón y C. Mendoza (Ed.), *La periferia metropolitana: entre la ciudad prometida y un lugar para habitar la ciudad de México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco y Gedisa, pp. 213-256.
- García-Doménech, S. (2014), "Percepción social y estética del espacio público urbano en la sociedad contemporánea". *Arte, Individuo y Sociedad*, 26, (2), 301-316. Disponible en: https://doi.org/10.5209/rev_ARIS.2014.v26.n2.41696. Consultado: 6 de agosto de 2019.
- (2017), "La polisemia de lo común en el espacio público urbano". *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 10 (20), 68-78. Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu10-20.pcep>. Consultado: 7 de septiembre de 2019.
- Giglia, A. (2012), *El habitar y la cultura. Perspectivas teóricas y de investigación*. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
- (2014), "Hacia una redefinición de la habitabilidad. Perspectivas teóricas y prácticas de los habitantes", en H. Quiroz (Ed.), *Aproximaciones a la historia del urbanismo popular. Una mirada desde México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 69-92.
- Lofland, J. y L. H. Lofland (1995), *Analyzing Social Settings. A guide to Qualitative Observation and Analysis*, 3ª ed. Belmont: Wadsworth Publishing/University of California.
- Maya Pérez, E. y E. Maycotte Pansza (2011), "La pérdida del valor social de la vivienda". *Academia XXII*, 2, (2), 27-42. Disponible en: <http://www.journals.unam.mx/index.php/aca/article/view/26203/24635>. Consultado: 20 de septiembre de 2019.
- Maycotte, E. (2010), *Espacios abiertos y calidad de vida en conjuntos habitacionales organizados en condominio*. México: INFONAVIT y Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mead, G. H. (1993), *Espíritu, persona y sociedad*. Buenos Aires: Paidós.
- Mena Romaña, E. M. (2011), "Habitabilidad de la vivienda de interés social prioritaria en el marco de la cultura. Reasentamiento de comunidades negras de Vallejuelos a Mirador de Calasanz en Medellín, Colombia". *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 4, (8), 296-314. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cvyu/article/view/5477>. Consultado: 15 de octubre de 2019.
- Mertens, D. M. (2005), *Research and Evaluation in Education and Psychology: Integrating Diversity with Quantitative, Qualitative, and Mixed Methods*, 2ª ed. Thousand Oaks: Sage.
- Nava Hernández, M. M (2012), "Las fuerzas armadas y el crimen organizado en la democracia mexicana". *Revista de El Colegio de San Luis*, 2 (3), 324-341. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=426239575015>. Consultado: 17 de mayo de 2019.
- Rabotnikof, N. (2011), *En busca de un lugar común. El espacio público en la teoría pública contemporánea*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Filosóficas.
- Ramírez, Patricia (2011), "Lo público urbano: diferencia y desigualdad. Reflexiones sobre la Ciudad de México", en P. Urquieta (Ed.), *Ciudades en transformación. Disputas por el espacio, apropiación de la ciudad y prácticas de ciudadanía*. Bolivia: Plural, pp. 72-91.
- (2012), "El resurgimiento de los espacios públicos en la ciudad de México. Diferencias y conflictos por el derecho al lugar. Las disputas por la ciudad marzo 29-2012". [Artículo sin publicar, elaborado sobre la base de una investigación más amplia titulada "Procesos urbanos, espacio público y ciudadanía"].
- Rueda Palenzuela, S. (1997), "Habitabilidad y calidad de vida. Biblioteca". *CF+S Ciudades para un futuro más sostenible*. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a005.html>. Consultado: 28 de octubre de 2015.
- Schteingart, M. y L. Patiño (2006), "El marco legislativo, programático e institucional de los programas habitacionales", en R. Coulomb y M. Schteingart (Ed.), *Entre el Estado y el mercado. La vivienda en el México de hoy*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 153-192).

Durán, A. M., Esquivel, M. T. y A. Giglia (2000), “Condiciones de vida y vivienda de interés social en la Ciudad de México”, en J. Villavicencio (Ed.). México: UAM-Azcapotzalco y Miguel Ángel Porrúa, pp. 15-28.

Velásquez Monroy, C. A. (2010), “Crimen organizado: orden divergente y vecindarios urbanos vulnerables”. *EURE*, 36, (108), 49-74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612010000200003>.

Ziccardi A. y A. González (2015), “Política de vivienda y municipios en México”, en A. Ziccardi y A. González (Ed.), *Habitabilidad y política de vivienda en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 47-58).

LEYES, PROGRAMAS, REGLAMENTOS Y OTRAS FUENTES

Geovillas del Real (2012), Convenio para la Conservación de la Imagen Urbana de Geovillas del Real. [Documento interno proporcionado a los vecinos del conjunto Geovillas del Real].

Gobierno del Estado de Veracruz (2009), Ley Número 541 que regula el Régimen de Propiedad en Condominio en el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Veracruz/wo77672.pdf>.

——— (s/f). Reglamento para la Fusión, Subdivisión, Relotificación y Fraccionamiento de Terrenos para el Estado de Veracruz-Llave. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/96831675/Reglamento-Para-La-Fusion-Subdivision-Relotificacion-y-Fraccionamientos-Para-El-Estado-de-Veracruz>.

Ahorro energético en vivienda social mediante la implementación de materiales regionales

Energy saving in social housing through the implementation of regional materials

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.142>

CESAR ARMANDO GUILLÉN GUILLÉN

<https://orcid.org/0000-0002-2596-612> / cguillen@unam.mx

ALBERTO MUCIÑO VÉLEZ

<https://orcid.org/0000-0002-6386-0249> / amucino@unam.mx

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Recepción: 28 de enero de 2020. Aceptación: 21 de abril de 2020

RESUMEN

Los materiales con que habitualmente se construye la envolvente de la vivienda social en clima cálido subhúmedo, al ser evaluados por su conductividad térmica, son ineficientes, porque afectan la habitabilidad interior. Para revertir el estado de ineficiencia térmica de la vivienda se introdujo en la industria de la construcción el uso de materiales termoaislantes que se evalúan por su capacidad de resistir el flujo de calor (resistencia térmica); sin embargo, esta adecuación en la envolvente involucra aumentar la energía incorporada del sistema. El objetivo de esta investigación fue determinar la posibilidad del uso de materiales regionales para su potencial uso como aislante. Las configuraciones de materiales para cubierta fueron seleccionadas por su coeficiente de conductividad térmica y evaluadas por la capacidad de aislamiento según la NMX-C-460-ONNCCE que involucra el cálculo de la resistencia térmica (R). Se identificó de adecuado el desempeño del carrizo (*Arundo Donax*) y caña maíz (*Zea Mays*) para elaborar una cubier-

ta para una región específica, que cumple con ahorro de energía al ser evaluada por la NMX-C-460-ONNCCE. Se discute el análisis térmico de los materiales solo por su conductividad, ya que existen otras propiedades, como densidad y calor específico, que se relacionan de manera dinámica, independientemente de que no se consideren en la evaluación de la resistencia térmica. Se concluye que el análisis de las propiedades térmicas, previo al diseño, permite seleccionar materiales para configurar envolventes con respuesta térmica eficiente en la región.

Palabras clave: aislamiento, ahorro energético, materiales regionales

ABSTRACT

The materials with which the social housing envelope is usually constructed in sub humid warm climate are thermally inefficient because they lead heat to interior space which affects thermal habitability. To reverse the state of thermal inefficiency of the house was introduced in the cons-



truction industry the use of thermo-insulating materials that are evaluated for their ability to resist the heat flow (Thermal Resistance), however, this adequacy in the envelope involves an additional economic cost in a context of shortage. Therefore, the objective of this research was to determine the possibility of the use of materials from the region for potential use as an insulator. Selecting the configurations of roofing materials by their coefficient of thermal conductivity and evaluating by the insulation capacity according to the NMX-C-460-ONNCCE involving the calculation of the Thermal Resistance (R); The performance of carrizo (Arundo Donax), corn cane (Mayz Zea) and the soil was evaluating to develop a roof for the region, according to the NMX-C-460-ONNCCE meets for energy savings. Thermal analysis of materials is discussed only for their conductivity as there are other properties such as density and specific heat, that are dynamically related, independently that are not considered in the evaluation of thermal resistance. It is concluded that the analysis of pre-design thermal properties allows to select materials with adequate thermal response in the region to build efficient architectural envelopes.

Keywords: isolation, energy saving, regional materials

INTRODUCCIÓN

El uso eficiente de la energía en la vivienda ocupa un lugar primordial en la agenda internacional para lograr los objetivos de desarrollo sustentable, al considerar que el 40% del consumo mundial y un tercio $\frac{1}{3}$ de los gases efecto invernadero (GEI) son responsabilidad de las edificaciones (DOE, 2012; CONUEE, 2018), por lo que México se ha comprometido a reducir en un 25% sus emisiones de GEI en el periodo 2020-2030 (CEPAL, 2018). Para ello se debe mejorar el modelo constructivo de vivienda, que ha ido incrementado su consumo energético cada año (SENER, 2015). Parte del problema es el deficiente desempeño térmico de la envolvente de vivienda y los materiales que

la configuran, ya que no logran habitabilidad (INECC/PNUD, 2012) y sí gastos económicos por adecuaciones en busca de confort (SENER, 2015).

Uno de los materiales más significativos para elaborar cubiertas es el concreto (Bedoya, 2003), el cual posee un coeficiente de conductividad de 1.40 W/mK (ONNCCE, 2009), lo que lo describe como un material que no responde apropiadamente a los estímulos térmicos (ISO, 2001; ISO, 2000), sobre todo en climas cálidos, por lo que causa calentamiento del espacio interior (Castañeda y Vecchia, 2007), por ello es importante tener un conocimiento de las propiedades térmicas de los materiales.

En el mundo se han creado políticas dirigidas al sector constructivo para mejorar el comportamiento térmico de las edificaciones (UE, 2013; IPCC, 2014; PHI, 2009), mediante estrategias que involucran el aislamiento (CTE, 2013; Papadopoulos, 2007; Shnieders, 2003), con el fin de mejorar las condiciones del consumo de energía (BRE, 2009; Calkins, 2009; Marszal *et al.*, 2011). En México se evalúa el aislamiento de la envolvente utilizando el valor de resistencia térmica (R) obtenido mediante el procedimiento que establece la NMX-C-460-ONNCCE (2009).

MATERIALES TERMOAISLANTES

Los materiales aislantes sirven como barrera al paso del calor y se emplean en las envolventes arquitectónicas como una capa continua de baja conductividad. El uso de materiales aislantes se ha generalizado en el mundo (Zuo y Zhao, 2014; Asdrubali, 2009; Nyers *et al.*, 2015; Schmidt, Jensen y Clausen, 2004), y se emplean como una estrategia para construir viviendas de bajo consumo de energía (Marszal *et al.*, 2011). Normas internacionales como la ASTM-C518 o la ISO 6946-2007 son instrumentos de evaluación arquitectónica del desempeño energético que se basan en las conductividades térmicas de los materiales (ISO, 2017). Un material debe contar con una conductividad por debajo de 0.070 W/mK para ser considerado termoaislante (Cengel, Asshin

y Ghanarr, 2015), aunque existen criterios normativos que establecen ese valor en 0.050 W/mK (CTE, 2013). En la tabla 1 se exponen los valores de conductividad térmica de diferentes materiales de construcción; también su densidad y calor específico, para identificar si es aislante o no por su valor de conductividad.

TABLA 1
Materiales y sus propiedades térmicas

Material	λ	ρ	C_p	Clasificación
	W/mK	Kg/m ³	J/kgK	
Poliuretano	0.026	30	1400	Aislante
Aire	0.026	1.223	1063	Aislante
Poliestireno	0.035	50	1675	Aislante
Espuma fenólica	0.038	30	1400	Aislante
Lana de vidrio	0.041	200	656	Aislante
Corcho comprimido	0.085	540	2000	Aislante
Mortero de cemento	0.090	1920	669	No aislante
Madera de construcción	0.130	630	1360	No aislante
Madera de pino	0.148	640	2512	No aislante
Madera pesada	0.200	700	1250	No aislante
Concreto celular	0.220	600	880	No aislante
Tierra con paja	0.300	400	900	No aislante
Yeso	0.488	1440	837	No aislante
Mortero cemento/arena	0.530	1570	1000	No aislante
Agua	0.582	1000	4187	No aislante
Ladrillos de arcilla	0.814	1800	921	No aislante
Tierra muro portante	0.850	2000	900	No aislante
Vidrio plano	1.160	2490	830	No aislante
Arcilla	1.279	1460	879	No aislante
Piedra arenisca	1.300	2000	712	No aislante
Concreto pesado	1.750	2300	920	No aislante
Piedra	1.861	2250	712	No aislante
Mármol	2.900	2590	800	No aislante
Granito	3.500	2500	754	No aislante

Material	λ	ρ	C_p	Clasificación
	W/mK	Kg/m ³	J/kgK	
Acero	50	7800	512	Conductor
Aluminio	160	2800	896	Conductor
Cobre	399	8900	385	Conductor

Fuente: Elaboración propia con datos de González (1997).

Pero el aislamiento no es algo nuevo, ya que desde los orígenes del hombre se usaban pieles, tierra en forma de lodo, arcilla, paja, trapos, fibras y madera para protegerse del ambiente exterior; los materiales regionales conformaban la cubierta para protegerse del clima. Cuando se observó la relación entre aislamiento, control de temperaturas, reducción en el consumo de combustible y ahorro de energía, se provocó la búsqueda de materiales con mejor eficiencia térmica y comenzó la necesidad de aislamiento térmico (Cengel, Asshin y Ghanarr, 2015). Hoy (2020) el uso de materiales termoaislantes se relaciona con la eficiencia energética en arquitectura, porque logra regular la temperatura interior, disminuir el consumo energético y las emisiones de CO₂, con lo que coadyuva a la habitabilidad y la reducción de impactos ambientales (Calkins, 2009).

Estándares constructivos de vivienda, como Passivhaus® o Net Zero Energy Buildings (NZEB), consideradas buenas prácticas en eficiencia energética (Sartory *et al.*, 2010; Torcellini *et al.* 2006), utilizan envolventes con varias capas de distintos materiales y diferente espesor y en la configuración de la envolvente se identifica una capa de aislamiento (Schnieders, 2003). En la tabla 2 se relacionan diversos materiales termoaislantes junto con sus coeficientes de conductividad, producción de CO₂ y energía incorporada.

Según la tabla 2, cada material presenta valores de conductividad diferentes, así como una variación de impacto ambiental, por producción de CO₂, reconociendo que los termoaislantes de origen natural tienen menor impacto, por emisión de CO₂ y energía incorporada. Cada material aislante se comporta de manera diferente en función de los coeficientes de conductividad y de la posición en la multicapa, al exterior, intermedia o al interior (Barrios *et al.*, 2011); aunque todos tienen en común su bajo valor de conductividad

TABLA 2
Materiales termoaislantes y su conductividad

Termoaislante	Conductividad W/mK	Producción de CO ₂ kgCO ₂ /kg	Energía incorporada Mj/kg
Poliestireno expandido	0.037	18.18	122.85
Poliestireno extruido	0.032	51.81	125.00
Poliuretano	0.028	103.32	70.00
Espuma fenólica	0.021	4.95	65.00
Espuma elastómera	0.035	19.18	130.00
Espuma de polietileno	0.035	21.34	144.58
Espuma de polipropileno	0.032	22.00	80.00
Espuma de melamina	0.035	7.00	125.00
Espuma poliisocianurato	0.022	14.00	125.00
Lana de vidrio	0.034	10.73	71.03
Lana de roca	0.036	17.04	32.00
Vidrio celular	0.048	8.30	75.00
Arcilla expandida	0.080	2.78	50.00
Vermiculita	0.050	12.25	20.00
Perlita	0.035	16.10	20.00
Concreto celular	0.090	0.43	5.60
Aereogel	0.013	4.2	53.00
Corcho negro	0.040	16.5	45.51
Corcho natural	0.045	16.5	19.00
Fibra de madera	0.036	1.89	25.00
Fibra de cáñamo	0.039	545	32.25
Pasta de celulosa	0.038	1.29	5.47

Fuente: Rivero Nogueiras, 2016; Rockwool, 2016; Saint Gobain, 2016; ITec, 2016; URSA, 2016.

térmica, existen otras consideraciones para caracterizarlos (CTE, 2013; NOM, 2011), como:

- Transmitancia térmica (U)
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (★)
- Densidad (ρ)
- Calor específico (cp)
- Resistencia térmica (R)

El sistema multicapa es evaluado por la transmitancia térmica (U) en W/m²K (CTE, 2013; PHI, 2009), y en México por R en m²K/W (NMX, 2009). El cálculo de U y de R requiere conocer el coeficiente de conductividad de los materiales (tabla 1) (ONNCCE, 2011).

La resistencia térmica determina cuánto un sistema constructivo delimita el flujo de calor por la suma de R de sus componentes asignando por región climática parámetros de cumplimiento, habitabilidad y ahorro energético (NMX, 2009).

Resulta de importancia determinar el espesor óptimo del aislamiento para su uso en la edificación (Schnieders, 2003), ya que, mientras más grueso sea el aislamiento, menor será la transferencia de calor, pero también mayor será el costo de ese aislamiento, por factor económico, por energía incorporada o por emisiones de CO₂ provocadas en su elaboración (Cengel, Asshin y Ghanarr, 2015; Rockwool, 2016). Emplear una capa de material aislante convencional resulta una inversión inicial que no podría ser asumida en todas las viviendas de México por las condiciones de pobreza de la población (CONEVAL, 2017).

EL RETO DE VIVIENDA EN MÉXICO Y LOS MATERIALES REGIONALES

La situación de aproximadamente la mitad de las viviendas en el país es de vulnerabilidad; en ellas,

64,000 personas habitan espacios sin las características mínimas de habitabilidad (CONEVAL, 2017). En total se registran nueve millones de acciones de vivienda como reto para enfrentar en los próximos años, para atender al 50.6% de población en situación de pobreza con vivienda informal (CONEVAL, 2017). En la región sur del país (Chiapas, Oaxaca y Guerrero) la mayoría de los grupos indígenas y poblaciones rurales habita en estado vulnerable, según informe del CONEVAL (2017).

Se reconoce que el problema para atender la vivienda vulnerable es multifactorial, pero tiene en el uso de recursos regionales un área de oportunidad para reducir la brecha de la pobreza y mejorar la habitabilidad térmica de las viviendas en México. Ya que los materiales regionales y de origen natural son reconocidos por su baja energía incorporada y asequibilidad (Chuchi, 2005; Manohar, 2012; Pinto, 2011)

Los materiales regionales se adaptan a las condiciones del medio y han sido ampliamente usados en vivienda vernácula para la construcción de muros y cubiertas. Tienen la característica de ser accesibles y poseer propiedades térmicas equivalentes a los materiales aislantes (Asdrubali *et al.*, 2015). Los estudios en materiales regionales han permitido introducir alternativas de aislamiento que comenzaron por conocer los coeficientes de conductividad térmica (Webb, 2002; Kymalainen, 2008; Murphy y Norton, 2008; Wimmer, Hohensinner y Janisch, 2000; Pruteanu, 2010; Ye, 2006, Nicolajsen, 2005).

En esta investigación se analizó la conductividad térmica de diversos materiales de uso común en vivienda para la construcción de muros y cubiertas, incluyendo al carrizo (*Arundo Donax*) y rastrojos de maíz (*Zea Mays*), por ser fibras naturales de baja energía incorporada (Chuchi, 2005), con el objetivo de seleccionar aquellos que permitan configurar sistemas en capas homogéneas para lograr ahorro energético en la envolvente, mediante el uso de la resistencia térmica como indicador.

MARCO TEÓRICO

El debate de la huella ecológica por actividades constructivas, para reducir el consumo de energía y lograr su uso eficiente, se plantea bajo estrategias de aislamiento para disminuir la transferencia térmica (Villegas, 2010; PHI, 2011; BRE, 200). La transferencia térmica es una ciencia que estudia la energía que pasa de un sistema a otro cuando existe diferencia de temperaturas, en función del tiempo y siguiendo las leyes de la termodinámica (Cengel, Asshin y Ghanarr, 2015), lo cual en arquitectura se relaciona con cómo las envolventes ganan o pierden energía según las características de los materiales portantes y su interacción con el medio, con la expectativa de reducir el flujo entre el espacio interior y el espacio exterior.

Un adecuado aislamiento logra ahorro energético y habitabilidad térmica, si se considera el valor de conductividad del material, y además por lograr eliminar puentes térmicos y evitar condensación superficial e intersticial (CTE, 2013). Definir el comportamiento térmico de la envolvente es multifactorial, por la geometría de la pieza, el espesor y las características microestructurales del componente, además de las propiedades térmicas. Propiedades térmicas en los materiales son la conductividad térmica, la densidad y el calor específico, los que, al combinarse, describen cómo un material absorbe, acumula y trasmite el calor (González, 1997). No obstante, en Arquitectura se ha generalizado la evaluación térmica de materiales utilizando solamente la conductividad para obtener R, desestimando el comportamiento dinámico (Barrios *et al.*, 2011). Y las exigencias normativas internacionales han incrementado cada vez más el espesor del aislamiento, en busca de eficiencia energética (CTE, 2013). Pero se cuestiona que, al buscar altos valores de resistencia térmica, no se garantiza un adecuado desempeño térmico (Ruiz Torres *et al.*, 2011), y que solo se considera la capacidad del material de conducir el calor, cuando el material tiene también la capacidad de almacenar parte del calor que después restituye al interior.

Por tanto, cada material presenta características particulares, lo cual provoca repercusiones diferenciadas en el control del flujo térmico (Pinto *et al.*, 2011; Manohar, 2012; Khedari *et al.*, 2004). Por este motivo, dos materiales con la misma resistencia térmica variarán su desempeño por la diferencia de valores de densidad y calor específico (Huelzs *et al.*, 2009 y 2010; González, 1997). Otra implicación de no incluir el calor específico y la densidad en el análisis de R es que no se puede estimar la inercia térmica, lo que implica que materiales elaborados a base de tierra cruda no se validen mediante el cálculo de R.

Otro aspecto es la ubicación del material aislante, que va en función de las necesidades del espacio, pero el cálculo de R no reconoce el orden de las capas que componen un sistema; es decir no importa dónde se ubique el material aislante, sea en el interior, sea en medio, sea en el exterior. En el caso de rehabilitación energética de vivienda es importante conocer el material que podría usarse y reconocer que la capa de aislamiento funciona mejor en el exterior (Barrios *et al.*, 2011), aunque no siempre podrá ser usado de esa manera (Peruzzi *et al.*, 2014; Alchapar, Correa y Cantón, 2013; Pinto *et al.*, 2012; Barrios *et al.* 2011). Esto es importante al considerar el reto de acciones de vivienda en México por abandono (CONEVAL, 2017).

El método de cálculo de R se define de estado estático; es decir, es un procedimiento independiente del tiempo (ASTM, 2010; ISO, 1996; ISO, 2017; Asdrubali y Baldinelli, 2011; Baldinelli y Bianchi, 2014); ello contrasta con una realidad donde la envolvente interactúa con múltiples factores. En este sentido resulta un análisis parcial ya que no emplea la densidad o el calor específico para evaluar la transmisión del calor.

Huelzs *et al.* (2009; 2010) califican el cálculo de R, desarticulado de las variables dinámicas a que se exponen los materiales en la realidad, según lo analizado por Kuehn, Ramsey y Threllkeld (2001) y Barrios *et al.* (2011).

Aun así, el cálculo de la resistencia térmica en las envolventes es un acercamiento hacia el control del paso de calor, y resulta una herramienta

útil de selección de materiales para configurar espacios con reducido intercambio térmico. El objetivo es lograr muros o cubiertas que resistan el flujo de calor utilizando materiales regionales con propiedades térmicas apropiadas y de baja energía incorporada.

MÉTODO

Se identificaron materiales de uso común en muros y techos para comparar conductividades. Se incluyó el valor de conductividad del carrizo (Arundo Donax) y de los rastrojos de maíz (*Zea Mays*), por ser recursos accesibles y de origen natural. Se obtuvo la resistencia térmica de cada uno. Se configuró cinco sistemas en capas homogéneas con diferentes materiales, empleando la losa de concreto en todos como elemento portante. Se comparó el comportamiento térmico en cubiertas, por R y relación de espesor, mediante un método analítico según la norma NMX-C-460 ONNCCE, con la expectativa de lograr ahorro energético en el comportamiento de muros y cubiertas. Se determinó la región de Tuxtla Gutiérrez, México, clasificada de zona térmica 1 (ONNCCE, 2009), reconociendo índices para cumplimiento, habitabilidad y ahorro de energía, como se muestra en la tabla 3.

CÁLCULO ANALÍTICO DE R

Para determinar R de un sistema muro/techo compuesto de capas homogéneas se debe realizar la sumatoria de las resistencias parciales de cada capa al relacionar la conductividad térmica (λ) de cada material y el espesor por cada capa (L), además de considerar las resistencias superficiales exterior (r_{se}) y la resistencia superficial interior (r_{si}), descritas como los coeficientes superficiales de transmisión del calor (h_i , h_e). La expresión matemática (1) es el método para determinar el valor de resistencia térmica total de sistemas en capas homogéneas:

TABLA 3
Requerimientos de Resistencia Térmica en muros y techos

Localidad	Zona térmica	Requerimiento muros Valor "R" en m ² K/W			Requerimiento techos Valor "R" en m ² K/W		
		Mínima	Habitabilidad	Ahorro energía	Mínima	Habitabilidad	Ahorro energía
Tuxtla Gutiérrez	1	1.00	1.10	1.40	1.40	2.10	2.65

Fuente: ONNCCE, 2009.

CÁLCULO DE RESISTENCIA TÉRMICA BAJO MÉTODO SIMPLIFICADO DE CAPAS HOMOGÉNEAS

$$R = r_{se} + R_1 + R_2 + R_n + r_{si} = 1/h_i + L_1/\lambda_1 + L_2/\lambda_2 + L_n/\lambda_n + 1/h_e \quad \text{m}^2\text{K/W}$$

L	Espesor de la capa del material en el componente	m
λ	Conductividad térmica del material, por valores tabulados, informes del fabricante o ensayos del laboratorio	W/(mK)
h _i	Conductancia superficial interior para muro	8.1 W/m ² K
	Conductancia superficial interior para techos	6.6W/m ² K
h _e	Conductancia superficial exterior	13 W/m ² K
n	Número de capas de la configuración	-
R	Resistencia térmica de una porción de la envolvente del edificio	m ² K/W
r _{se}	Resistencia superficial exterior 1/h _e	m ² K/W
r _{si}	Resistencia superficial interior 1/h _i	m ² K/W

Fuente: ONNCCE, 2009.

Para obtener la resistencia total se realiza la suma de las resistencias parciales (r_{se}+R₁+R₂+R_n...+r_{se}), considerando que la resistencia de la superficie exterior (r_{se} = 1/h_e) h_e=13 W/m²K y la resistencia de la superficie interior (r_{si}=1/h_i), el valor de h_i para muro es de 8.1 W/m²K, y para techo es de 6.6 W/m²K, según sea el caso. Después se identifica la conductividad térmica del material y el espesor en el "n" número de capas que conforman el sistema, para obtener la resistencia parcial de cada capa (L_n/λ_n). El proceso utiliza un modelo físico unidimensional de carácter estacionario (ONNCCE, 2009).

La transmisión de calor depende de la cantidad de superficie en contacto con aire u otro fluido debido a la convección, radiación; por lo tanto, a mayor superficie expuesta existirá mayor intercambio de energía y, según posición, se pueden obtener diferentes valores de transmisión del calor (ONNCCE, 2009; ISO, 2017; CTE, 2013). Entre

muros y cubiertas de vivienda, la superficie que cuenta con mayor exposición al calor es el techo, por consiguiente tiene mayor intercambio de energía; por esta razón, para la evaluación analítica se consideró el valor de h_i de 6.6 W/m²K. En las envolventes de vivienda, lograr valores R de ahorro de energía en la superficie horizontal acerca a la eficiencia energética.

MATERIALES

Primero se identificaron materiales de uso común en la construcción de muros y cubiertas en México (tabla 2). En la tabla 3 y 4 se relacionaron los materiales, clasificándolos en muros y techos, con el fin de determinar su resistencia térmica mediante el empleo de la fórmula (1). El espesor de cada material se determinó con relación a su uso generalizado en la construcción de manera

cualitativa. Los valores de conductividad térmica se tomaron de trabajos previos de la ONNCCE (2009), Morillón, Saldaña y Tejeda (2004), Bojórquez, Milagrosa y Domínguez (2010), González (1997) y Guillén *et al.* (2018). Los coeficientes de conductancia superficial interior (h_i) fueron 8.1 W/m²K para muros y 6.6 W/m²K para cubiertas, los cuales se toman de la NOM-018-ENER, al igual que la conductancia superficial exterior (h_e), considerada como una constante de 13 W/m²K en muros y cubiertas. Se empleó una hoja de cálculo de *Microsoft® Excel® para Office 365 MSO*, donde se realizó el cálculo matemático.

Los resultados se compararon con los valores establecidos por la ONNCCE de cumplimiento, habitabilidad y ahorro energético, correspondientes a la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, con zona climática 1 (ONNCCE, 2009). Después se

modificó el espesor de los materiales de manera unificada para identificar el incremento de la resistencia térmica y contrastar con los parámetros de la norma. El análisis comparativo de los materiales se contrastó con un material aislante, como lo es el poliestireno. Para configurar envoltentes que cumplan con el ahorro energético, se realizaron configuraciones de sistemas con diferentes materiales en capas homogéneas con diferentes espesores. Se consideró el uso de materiales naturales alternativos, Zea Mays y Arundo Donax por su el resultado de R., disponibilidad en la región y baja energía incorporada, la cual es incluso considerada de neutro (Chuchi, 2005). En la tabla 7 se observa que la energía incorporada en las fibras naturales se considera neutra. Se consideró la geometría del Arundo Donax, para incluir aire como parte del análisis de R de los sistemas.

TABLA 4

Materiales más usados en vivienda de México

Muros	Techos
Cartón, hule y llantas	Material de desecho
Lámina de cartón	Lámina de cartón
Palma, madera	Lámina metálica
Lámina metálica, fibra de vidrio, mica o plástica	Madera, tejamanil
Carrizo, bambú y bajareque	Carrizo, bambú y palma
Lamina de asbesto	Terrado con vigueta
Panel de concreto	Teja
Concreto monolítico	Losa de concreto
Block	Losa de vigueta con tabique
Adobe	Bovedilla
Ladrillo o tabique	Otros

Fuente: Morillón *et al.* 2011.

TABLA 5
Cálculo de la resistencia térmica de muros

NMX-C-460-ONNCE		Conductancia superficial interior h_i		Conductancia superficial exterior h_e	
		8.1		13	
		W/m ² K		W/m ² K	
Material		Resistencia superficial interior 1/ h_i		Resistencia superficial exterior 1/ h_e	
	Conductividad térmica	Espesor	0.123	0.077	
	W/mK	m	R. total		
			m ² K/W		
Lamina de asbesto	0.17	0.005	0.230		
Lámina metálica	52	0.0025	0.200		
***Carrizo	0.122	0.05	0.610		
***Zea Mays	0.058	0.05	1.062		
Bambú	0.104	0.05	0.681		
Palma	0.13	0.05	0.585		
Embarro	0.465	0.05	0.308		
Bajareque	0.15	0.1	0.867		
**Fibras leñosas	0.19	0.05	0.464		
Madera	0.163	0.05	0.507		
*Madera construcción	0.13	0.05	0.585		
*Madera de pino	0.148	0.05	0.538		
Adobe	0.93	0.40	0.630		
*Tierra muro portante	0.95	0.40	0.621		
Tabique	0.814	0.14	0.372		
Ladrillo	0.872	0.14	0.361		
Block hueco	0.998	0.18	0.381		
Piedra	2.326	0.40	0.372		
Concreto	1.28	0.10	0.279		
Tepetate	0.29	0.07	0.442		
Mortero de cemento	0.53	0.02	0.238		
*Poliestireno	0.035	0.05	1.629		

Fuente: Elaboración propia con datos de λ de Morillón, Saldaña y Tejeda (2004), *González (1997) **Bojórquez, Milagrosa y Domínguez (2010) y*** Guillén *et al.* (2018).

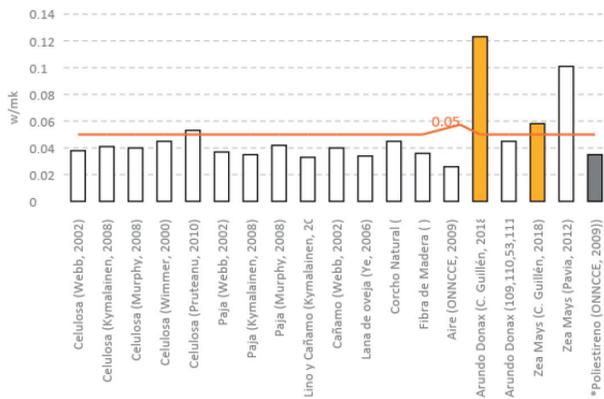
TABLA 6
Cálculo de la resistencia térmica de techos

NMX-C-460-ONNCCE			Conductancia superficial interior h_i	Conductancia superficial exterior h_e
			6.6	13
			W/m ² K	W/m ² K
			Resistencia superficial interior $1/h_i$	Resistencia superficial exterior $1/h_e$
Material	Conductividad térmica	Espesor	0.152	0.077
	W/mK	m	R. Total	
			m ² K/W	
Lamina de asbesto	0.17	0.005	0.258	
Lámina metálica	52	0.0025	0.228	
***Carrizo	0.123	0.05	0.635	
***Zea Mays	0.058	0.05	1.091	
Bambú	0.104	0.05	0.709	
Palma	0.13	0.1	0.613	
Embarro	0.465	0.05	0.336	
Bajareque	0.15	0.1	0.895	
**Fibras leñosas	0.19	0.05	0.492	
Madera	0.163	0.05	0.535	
*Madera construcción	0.13	0.05	0.613	
*Madera de pino	0.148	0.05	0.566	
Tabique	0.814	0.14	0.400	
Ladrillo	0.872	0.14	0.389	
Concreto	1.28	0.1	0.307	
Tepetate	0.29	0.21	0.953	
Mortero de cemento	0.53	0.02	0.266	
*Poliestireno	0.035	0.05	1.657	

Fuente: Elaboración propia con datos de λ de Morillon *et al.* (2004), *González (1997), **Bojórquez, Milagrosa y Domínguez (2010), Guillén *et al.* (2018).

GRAFICA 1

Conductividad térmica de materiales aislantes naturales



Fuente: Elaboración propia.

TABLA 3

Energía incorporada de materiales

Material	Energía incorporada en kWh/m ³
Cemento (CPC)	2640
Tabique rojo recocido macizo	1140
Aglomerados	1100
Cal	900
Placa de yeso	900
Block de concreto	600-800
Tabique rojo recocido hueco	590
Arena	45
Tierra cruda	5-10
Pacas de paja	4.5
Fibras naturales	Neutro

Fuente: Keefe, 2005; Chuchi, 2005.

RESULTADOS

Se evaluó la resistencia térmica de los materiales de construcción más utilizados en muros y techos de vivienda para un clima cálido subhúmedo (tablas 5 y 6) utilizando como parámetro de comparación un material aislante, el poliestireno, que tiene bajo valor de conductividad (0.035 w/mK).

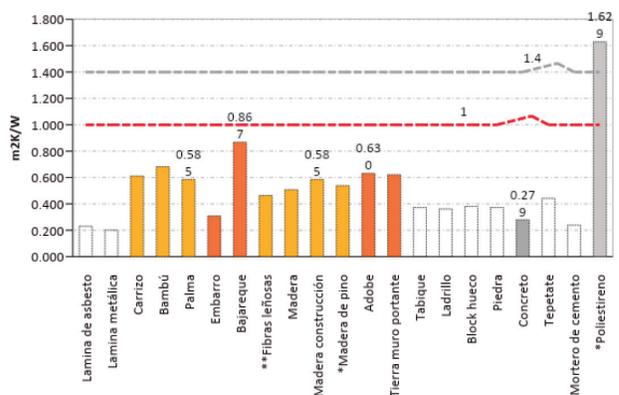
Como parámetro de cumplimiento se estableció el valor que establece la ONNCCCE para la

región con el mínimo de 1.0 W/m²K en muros, y cubiertas con un mínimo de 1.4 m²K/W (gráficas 2 y 3). El espesor resultó muy importante, ya que, aunque existen materiales con coeficientes de conductividad que los clasifican de aislantes, es necesario determinar el espesor para lograr resistencia al flujo de calor (gráfica 4).

En el caso del poliestireno en muros, este tiene una R para ahorro energético; sin embargo, para cubiertas no cumple con el espesor propuesto de 0.05 m. Aunque un valor mayor del espesor incrementa la resistencia térmica, lleva implícita una mayor cantidad de material, lo que repercute en costo, peso y energía incorporada. Todos los materiales se evaluaron considerando el mínimo para muros (1.0 m²K/W) y techos (1.4 m²K/W), y ninguno cumple con la resistencia especificada (gráficas 2 y 3). En el caso de materiales como la tierra cruda, maderas y fibras, que tienen coeficientes de conductividad apropiados (por el espesor propuesto en el estudio), para mejorar su desempeño es necesario analizar el espesor óptimo para lograr ahorro energético según lo que establece la norma.

GRÁFICA 2

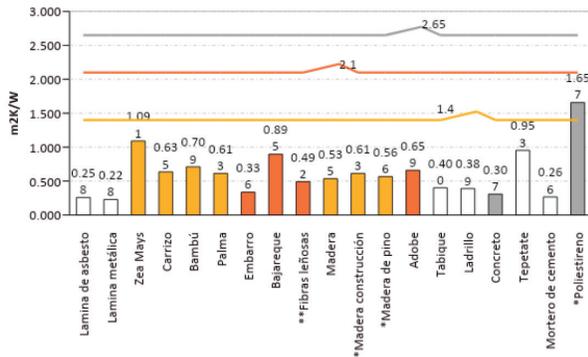
Resistencia térmica de materiales p/ muros



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICA 3

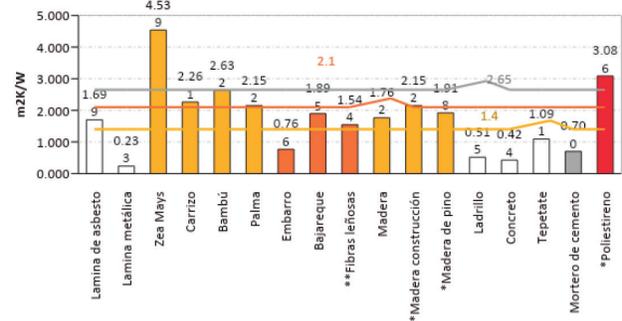
Resistencia térmica de materiales p/cubiertas



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICA 4

Resistencia térmica de materiales p/cubiertas considerando 0.25 m espesor



Fuente: Elaboración propia.

AJUSTES POR VALORACIÓN DE RESULTADOS

Se identificaron los materiales en muros y cubiertas de las gráficas 2 y 3 por origen vegetal (carrizo, bambú, palma, fibras leñosas, madera, madera de construcción, madera de pino), por ser elaborados con tierra cruda (embarro, bajareque, adobe, tierra muro portante), por ser de uso convencional en construcción (lámina de asbesto, lamina metálica, tabique, ladrillo, block hueco, cemento, mortero de cemento, piedra, tepetate), y se modificó por igual el espesor en 0.25 m para evaluar R en cubiertas en todos los materiales mencionados, comparando con el requerimiento de ahorro energético, habitabilidad y el mínimo requerido por la ONNCE (2.65, 2.10, 1.40 m²K/W). En la gráfica 4 se observa que el espesor resulta muy importante para mejorar la resistencia térmica. No obstante, materiales a base de tierra cruda aún no cumplen los requisitos, debido a que el coeficiente de conductividad térmica no los califica como materiales aislantes, y por ser evaluados solo por su conductividad térmica. Propiedades complementarias para describir la inercia térmica son la densidad y el calor específico.

Se realizó la selección de materiales para diseñar cinco configuraciones multicapa utilizando como base losas de concreto, impermeabilizadas con espesores especificados por capas homogéneas configurados con materiales alternativos, como el carrizo (Araundo Donax), Zea Mays (Caña maíz) y tierra cruda. Además, se consideró el valor de conductividad del aire, en una de las configuraciones para valorar la capacidad de aislamiento. Se evaluó en cubiertas por ser la parte de la vivienda con mayor exposición a estímulos térmicos, por considerar que, si se cumple en cubierta, también se cumple también en muros (tablas 5, 6, 7, 8 y 9).

Se empleó el poliestireno como parámetro de comparación y se establecieron los valores para cumplimiento, habitabilidad y ahorro de energía, según lo establece la normatividad. Los resultados se expresan en la gráfica 4. Todos los sistemas están en rangos de cumplimiento, y los sistemas S2 y S3 obtuvieron valores de R para ahorro de energía. Se puede apreciar que dos centímetros de aire atrapado resultan muy eficientes para incrementar la resistencia térmica de un sistema, lo que resulta una estrategia potencial para configurar sistemas constructivos con adecuado desempeño térmico. Los valores de conductividad del impermeabilizante, tierra y aire, se obtuvieron de la ONNCE (2009).

Tabla 8
Cálculo de R en capas homogéneas para techo. Sistema 1

Sistema 1				Resistencia superficial interior	Resistencia superficial exterior
N° de capas	Material	Conductividad térmica	Espesor	0.152	0.077
				R. parcial	R. total
		W/m°K	m	m²K/W	m²K/W
Capa 1	Losa de concreto	1.28	0.1	0.0781	0.307
Capa 2	Poliestireno	0.035	0.05	1.4286	1.657
Capa 3	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.035294	0.264
		Espesor total	0.156	R total	2.227

TABLA 9
Cálculo de R en capas homogéneas para techo. Sistema 2

Sistema 2				Resistencia superficial interior	Resistencia superficial exterior
N° de capas	Material	Conductividad térmica	Espesor	0.152	0.077
				R. parcial	R. total
		W/m°K	m	m²K/W	m²K/W
Capa 1	Losa de concreto	1.28	0.1	0.0781	0.307
Capa 2	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.035294	0.264
Capa 3	Relleno terrado seco	0.582	0.03	0.0515	0.280
Capa 4	Carrizo (Arundo Donax)	0.123	0.01	0.0813	0.310
Capa 5	Aire	0.026	0.02	0.7692	0.998
Capa 6	Carrizo (Arundo Donax)	0.123	0.01	0.0813	0.310
Capa 7	Relleno terrado seco	0.582	0.03	0.0515	0.280
Capa 8	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.035294	0.264
		Espesor total	0.212	R total	3.011

TABLA 10
Cálculo de R en capas homogéneas para techo. Sistema 3

Sistema 3				Resistencia superficial interior	Resistencia superficial exterior
N° de capas	Material	Conductividad térmica	Espesor	0.152	0.077
				R. parcial	R. total
		W/m°K	m	m²K/W	m²K/W
Capa 1	Losa de concreto	1.28	0.1	0.0781	0.307
Capa 2	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.035294	0.264
Capa 3	Relleno terrado seco	0.582	0.03	0.0515	0.280
Capa 4	Zea Mays	0.058	0.06	1.0345	1.263
Capa 5	Relleno terrado seco	0.582	0.03	0.0515	0.280
Capa 6	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.0353	0.264
		Espesor total	0.232	R total	2.657

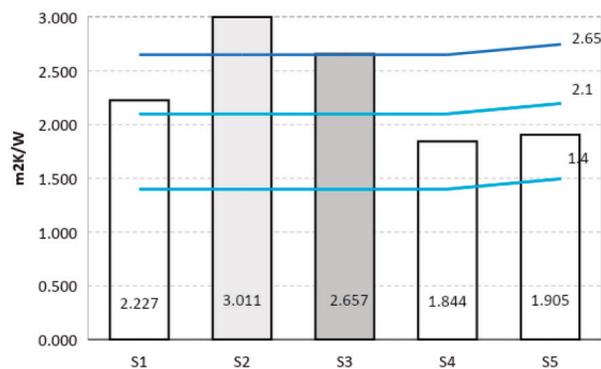
TABLA 11
Cálculo de R en capas homogéneas para techo. Sistema 4

Sistema 4				Resistencia superficial interior	Resistencia superficial exterior
N° de capas	Material	Conductividad térmica	Espesor	0.152	0.077
		W/m°K		m	R. parcial
					m²K/W
Capa 1	Losa de concreto	1.28	0.1	0.0781	0.307
Capa 2	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.035294	0.264
Capa 3	Relleno terrado seco	0.5	0.04	0.0800	0.308
Capa 4	Carrizo (Arundo Donax)	0.14	0.06	0.4286	0.657
Capa 5	Relleno terrado seco	0.5	0.04	0.0800	0.308
		Espesor Total	0.246	R total	1.844

TABLA 12
Cálculo de R en capas homogéneas para techo. Sistema 5

Sistema 5				Resistencia superficial interior	Resistencia superficial exterior
N° de capas	Material	Conductividad térmica	Espesor	0.152	0.077
		W/m°K		m	R. parcial
					m²K/W
Capa 1	Losa de concreto	1.28	0.1	0.0781	0.307
Capa 2	Impermeabilizante	0.17	0.006	0.035294	0.264
Capa 3	Relleno terrado seco	0.17	0.05	0.294118	0.523
Capa 4	Carrizo (Arundo Donax)	0.8195	0.05	0.0610	0.289
Capa 5	Relleno terrado seco	0.17	0.05	0.294118	0.523
		Espesor total	0.256	R total	1.905

GRAFICA 5
Análisis comparativo de R en cinco sistemas en capas homogéneas



Fuente: Elaboración propia.

El Zea Mays resulto un material que califica como aislante y promueve ahorro de energía; configuró el S3 con un espesor de 0.256 m y una R de 2.657 m²K/W. El S2 obtuvo mejor R, 3.011 m²K/W, con un espesor de 0.212 m. S2 tiene mejor rendimiento que S3 en la relación resistencia*espesor. Zea Mays tiene un valor R mayor que el carrizo por la diferencia de conductividades. No obstante, es posible configurar envolventes que cumplan con el ahorro energético empleando ambos materiales. El poliestireno empleado en S1, con un espesor de 0.05 m, logra sumar para obtener un valor R de 2.27 m²K/W con espesor general de 0.156 m; tiene una relación adecuada, aunque solo

se logre habitabilidad, pero con tan solo incrementar a 0.07 m; es decir, dos centímetros, se logra ahorro energético. Los materiales aislantes cumplen, pero llevan energía incorporada en su procesamiento que los hace ambiental y económicamente no viables.

DISCUSIÓN

Los materiales de construcción convencionales, al ser evaluados por su valor R, no cumplen con el mínimo que la ONNCCE (2009) considera (1.0 m²K/W en muros y 1.4 m²K/W en cubiertas), para la localidad de Tuxtla Gutiérrez, clasificada como región climática 1. Por tal motivo, el uso de materiales convencionales no resulta suficiente como barrera contra el flujo térmico.

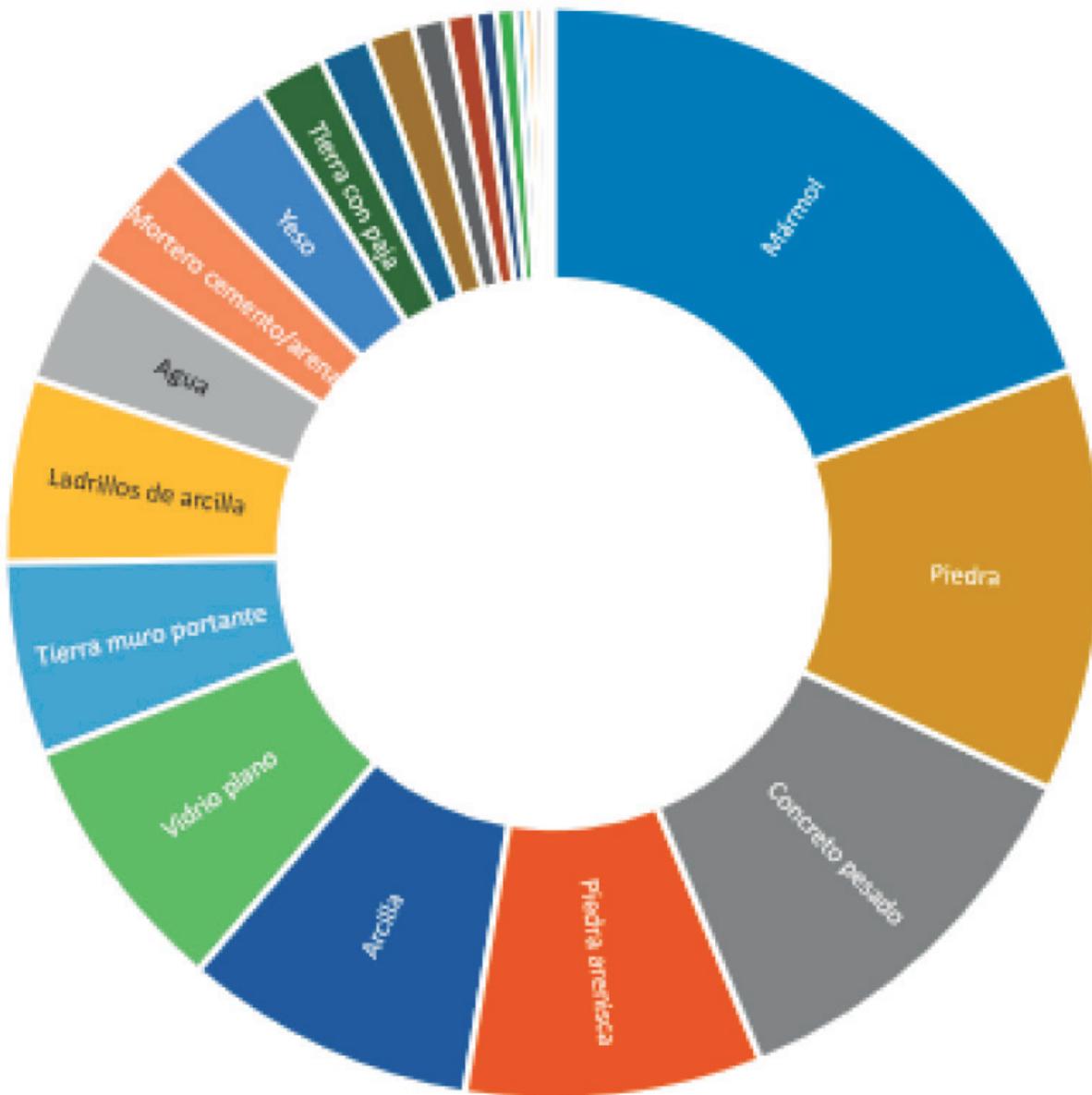
Incrementar el espesor de los materiales mejora la resistencia térmica, pero implica más peso, más energía incorporada y un mayor costo económico. Por tal motivo se reconoce que los materiales aislantes convencionales son, en términos de rendimiento térmico, una opción para mejorar la habitabilidad y reducir el consumo energético, aunque no son de uso cotidiano en la vivienda de la región por la inversión inicial que implica su uso.

Los valores de conductividad térmica clasifican de aislante un material, pero no determinan su comportamiento general. La gráfica 6 descri-

be la diferencia entre las conductividades de los materiales de construcción; comparada con la gráfica 7, donde se relaciona el valor de densidad, se aprecia que existen valores más cercanos entre los materiales por densidad que por conductividad, lo que determina variaciones de comportamiento. Se analiza en la gráfica 8 que el coeficiente de calor específico en los materiales es similar entre materiales aislantes y conductivos. Por lo tanto, este trabajo de investigación cuestiona la premisa de que dos materiales con igual R pueden comportarse de manera diferente, al no tener la misma densidad, lo que sugiere continuar investigaciones que complementen la valoración de R considerando la densidad y el calor específico.

Se identificó adecuados valores para cumplir con el ahorro de energía en materiales alternativos, Arundo Donax, Zea Mays, los que, por su coeficiente de conductividad, resultan con potencial para generar envolventes con adecuado valor R mediante el ajuste del espesor. Se debe establecer envolventes configurados con diferentes materiales en capas o, cuando el sistema constructivo lo permita, incrementar el espesor útil en muros o cubiertas de un material con bajos valores de conductividad, como lo sería el aire. El reto radica en su manipulación o encapsulamiento, y en hacerlo compatible con sistemas constructivos alternativos en tierra y fibras naturales.

GRÁFICA 6
Relación de conductividad térmica de materiales



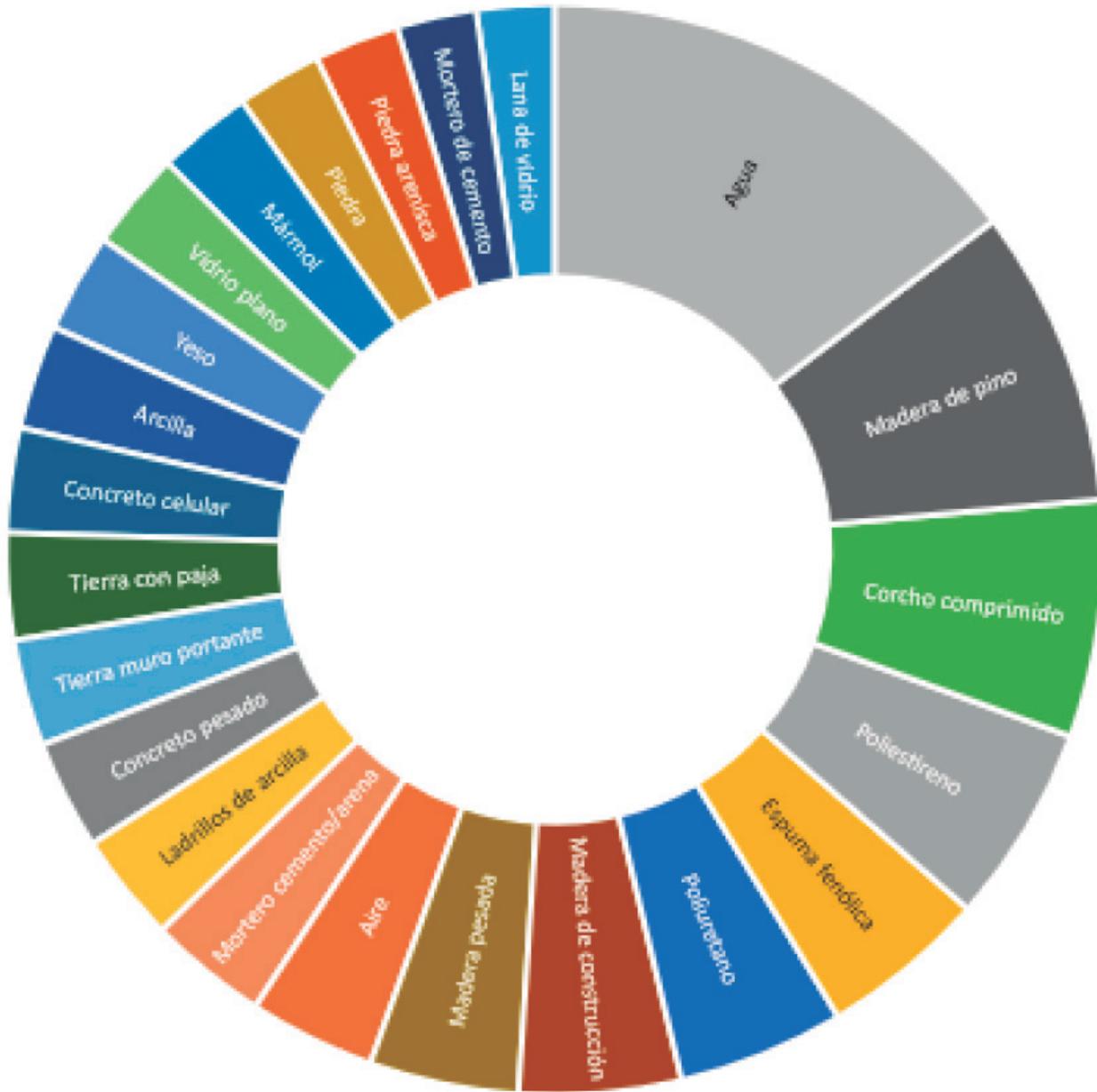
Fuente: Elaboración propia con datos de González (1997).

GRÁFICA 7
Relación de densidad de materiales



Fuente: Elaboración propia con datos de González (1997).

GRÁFICA 8
Relación de calor específico de materiales



Fuente: Elaboración propia con datos de González (1997).

CONCLUSIONES

El uso de la capa de aislamiento no es habitual en los sistemas constructivos de envolventes de vivienda social en México, y los materiales más usados en la construcción de envolventes no cumplen por sí solos para lograr habitabilidad del espacio interior. La propuesta del aislamiento

con materiales normados y de venta en el mercado de la construcción no es redituable económica y ambientalmente para grupos vulnerables, por lo que la validación de materiales regionales por el estudio de sus propiedades térmicas significaría un área de oportunidad para el desarrollo de sistemas constructivos térmicamente eficientes.

La relación que existe entre el adecuado desempeño térmico de la envolvente y el ahorro energético es de importancia en los procesos de diseño; por lo tanto, es primordial para el proyectista el entendimiento de las propiedades térmicas de los materiales.

El análisis térmico de los materiales es esencial para conseguir diseños que logren ahorro energético y espacios habitables; actualmente existen métodos que simplifican el proceso y ayudan a entender cómo controlar, mediante el diseño de la envolvente y la selección de materiales, el desempeño térmico de los espacios arquitectónicos. Ante los retos económicos, es importante validar el uso en construcción de materiales no convencionales que posean capacidad de aislamiento, aunque aún deben afrontarse retos como la durabilidad y la identificación de opciones locales por región.

Existen materiales alternativos de origen natural, como el Arundo Donax y el Zea Mays, que tienen coeficientes de conductividad arriba de 0.05 w/mk, pero que con el espesor óptimo funcionan como capa de aislamiento. Los coeficientes de conductividad en los materiales naturales varían, sea por la cantidad de aire interior, mejorando la resistencia, sea por la cantidad de agua contenida (acumula calor); dichas características modifican las propiedades térmicas del material. A mayor cantidad de agua, mayor calor específico; a mayor cantidad de poros, menor densidad, y a mayor densidad, más conductivo. Las diversas variables por región determinan características heterogéneas en los materiales naturales. Por ello es importante homologar datos de conductividad térmica de los materiales naturales por región específica.

La construcción de envolventes con capa de aislamiento en regiones de vulnerabilidad, tiene el potencial de mejorar la habitabilidad térmica y conseguir ahorro energético, mediante el uso de materiales como Arundo Donax y Zea Mays, por sus adecuadas prestaciones térmicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alchapar, N.; Correa, E. y M. Cantón (2013), “Influencia del envejecimiento de los materiales en su desempeño térmico: El caso de revestimientos texturados para fachadas”. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 33 (2), 282-291.
- American Society of Testing Materials (2010) ASTM C518-10, *Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*.
- Asdrubali, F. (2009), *The Role of Life Cycle Assessment (LCA) in the Design of Sustainable Buildings: Thermal and Sound Insulating Materials Proceedings of Euronoise*. Edinburg, Scotland.
- Asdrubali, F. y G. Baldinelli (2011), “Thermal Transmittance Measurements with the Hot Box Method: Calibration, Experimental Procedures, and Uncertainty Analyses of Three Different Approaches”. *Energy Build*, 43, 1618-1626.
- Asdrubali, F.; D’Alessandro, F. y S. Schiavoni (2015), “A Review of Unconventional Sustainable Building Insulation Materials”. *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 4, julio, 1-17. Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>.
- Baldinelli, G. y F. Bianchi (2014), “Windows Thermal Resistance: Infrared Thermography aided Comparative Analysis among Finite Volumes Simulations and Experimental Methods. *Appl. Energy*, 136, 250-258.
- Barrios, G.; Huelsz, G.; Rechtman, R. y Rojas (2011), *R. Wall/roof Thermal Performance Differences between Air-conditioned and Non-air-conditioned Rooms, Energy and Buildings*.
- Bedoya, C. M. (2003), *El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Bojórquez, B. I.; Milagrosa Pérez, Ma. y A. J. Domínguez (2010), *Análisis de los comportamientos físicos y de durabilidad de muros construidos con fibras leñosas de la región*. Fondo Sectorial de Desarrollo Científico y Tecnológico para el Fomento de la Producción y Financiamiento de Vivienda y el Crecimiento del Sector Habitacional. Primer encuentro académico CONAVI-CONACYT, México DF, 2 y 3 de febrero.

- Building Research Establishment (2009), *Framework Standard for the Responsible Sourcing of Construction Products*. BREE Global, Watford. BES 6001: Issue 2.0. Calkins, M. (2009), *Materials for Sustainable Construction Materials*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Castañeda, N. G. y F. Vecchia (2007). “Sistema de techo alternativo para vivienda progresiva en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México”. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*, 11-2, 21-30.
- Cengel Y. A. y Asshin J. Ghanarr (2015), *Heat and Mass Transfer*. Nueva York: McGraw Hill.
- Código Técnico de la Edificación (2013), *Documento básico HE Ahorro de energía*. Versión publicada en el “BOE”, 12 de septiembre de 2013.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018), *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México*.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2018), *Análisis del impacto de las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética en el ingreso-gasto del sector residencial de México a partir de datos de INEGI (1990-2016)*, Cuadernos de la CONUEE, núm. 9. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2017). Resultados a nivel nacional y por entidad federativa 2008*2018. Disponible en: <https://www.CONEVAL.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza-2018.aspx>.
- Cuchí Burgos, Albert (2005), *Arquitectura i sostenibilitat*. TTS. Barcelona: Ediciones UPC, p. 82.
- González, E. (1997), *Étude de matériaux et de techniques de refroidissement passif pour la conception architecturale bioclimatique en climat chaud et humide*. Thèse de doctorat en Energétique de l’Ecole des Mines de Paris, France.
- Guillén, C.; Muciño, A.; Santa Ana, P. y G. Verduzco (2018), “Análisis de las propiedades térmicas del Arundo Donax (carrizo) y Zea Mays (caña maíz) para su uso como material aislante de cubiertas”. *Academia XXII*.
- Huelsz, G.; Rechtman, R. y J. Rojas (2009), “Altos valores de la resistencia térmica no aseguran un buen desempeño térmico de la envolvente de una edificación”. *Memorias de la XXXIII Semana Nacional de Energía Solar*. 28 septiembre al 3 octubre. Guadalajara, Jalisco, México: ANES.
- Huelsz, G.; Barrios, G; Rechtman, R. y J. Rojas (2010), “Importancia del análisis de transferencia de calor dependiente del tiempo en la evaluación del desempeño de la envolvente de una edificación”, *Anuario de Arquitectura* 2009, Universidad Autónoma Metropolitana, en prensa.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/ MGM Innova (2012). *Estudio del impacto de medidas y políticas de eficiencia energética en los sectores de consumo, sobre el balance de energía y sobre los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero en el corto y mediano plazo*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- International Organization for Standardization (1996), ISO 8990 *Thermal Insulation Determination of Steady-state Thermal Transmission Properties Calibrated and Guarded Hot Box* (ISO 8990:1994).
- (2000), ISO12939-200. *Thermal Performance of Building Materials and Products -Determination of Thermal Resistance by Means of Guarded Hot Plate and Heat Flow Meter Methods - Thick Products of High and Medium Thermal Resistance*.
- (2001), ISO12664-2001. *Thermal Performance of Building Materials and Products -Determination of Thermal Resistance by Means of Guarded Hot Plate and Heat Flow Meter Methods - Dry and Moist Products of Medium and Low Thermal Resistance*.
- (2007), ISO6946 *Building Components and Building Elements — Thermal Resistance and Thermal Transmittance — Calculation Method* (2007).
- (2017), ISO6946: 2017. Componentes y elementos de construcción. Resistencia y transmitancia térmica. Métodos de cálculo.
- ITEC (2016) Banco de datos BEDEC, versión 33. Disponible en: <http://itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx>. Consultado: 6 de mayo de 2020.
- Khedari, N.; Nankongnab, J.; Hirunlabh, S. y Teekasap (2004), “New Low-cost Insulation Particleboards from Mixture of Durian Peel and Coconut Coir Build”. *Environ*, 39, 59-65 [article download pdf view record in Scopus Google Scholar].

- Kuehn, T. H.; Ramsey, W. W. y J. L. Threllkeld (2001), *Thermal Environmental Engineering*, Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Kymäläinen, H.-R. y A.-M. Sjöberg (2008), *Flax and Hemp Fibres as Raw Materials for Thermal Insulations*. Helsinki, Finlande: University of Helsinki - Department of Agrotechnology, pp. 1261-1269.
- Manohar, K. (2012), "Experimental Investigation of Building Thermal Insulation from Agricultural By-products". *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, 2 (3), 227-239.
- Marszal, A. J.; Heiselberg, P.; Bourrelle, J. S.; Musall, E.; Voss, K.; Sartori, I. y A. Napolitano (2011), *Energy and Buildings*. Disponible en: www.elsevier.com/locate/enbuild.
- Morillón-Gálvez, D.; Saldaña-Flores, R. y A. Tejada-Martínez (2004), "Human Bioclimatic Atlas for México", *Solar Energy*, vol. 76.
- Murphy, R. J. y A. Norton (2008), *Life Cycle Assessments of Natural Fibre Insulation Materials*. Londres: National Non-Food Crops Centre - NNFC, p. 79.
- Nicolajsen, A. (2005), *Thermal Transmittance of a Cellulose Loose-fill Insulation Material*. Horsholm, Dinamarca: Department of Building Technology and Productivity - Danish Building and Urban Research, pp. 907-914.
- Norma Oficial Mexicana (2011), *NOM-018-EBER-2011. Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba*.
- Normas Mexicanas (2009), *NMX-C-460-ONNCE-2009* (2011): Secretaría de Gobernación,
- Nyers, J.; Kajtar, L.; Tomic, S. y A. Nyers (2015). *Investment-savings Method for Energy-economic Optimization of External Wall Thermal Insulation Thickness* *Energy Build*, 86, 10.1016/j.enbuild.2014.10.023, pp. 268-274.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C. (2009), *Norma NMX460 Industria de la Construcción- Aislamiento Térmico - Valor R para las Envolventes en Vivienda por Zona Térmica para la República Mexicana - Especificaciones y Verificación, México. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación*
- Papadopoulos, M. (2007), "State of Art in Thermal Insulation Materials and Aims for Future Developments". *Energy and Buildings*, vol. 37, núm. 1, 77-86, 2005Hill.
- Passive Houses Passive House Institute, PHI (2009), Vienne, Autriche, p. 7.
- Peruzzi, L. F.; Salata, A.; De Lieto Vollaro, R. y De Lieto Vollaro (2014), "The Reliability of Technological Systems with High Energy Efficiency in Residential Buildings". *Energy Build*, 68, 19-24.
- Pinto, J.; Paiva, A.; Varum, H.; Costa, A.; Cruz, D.; Pereira, S.; Fernández, L.; Tavares, P. y J. Agarwal (2011), "Corn's Cob as a Potential Ecological Thermal Insulation Material". *Energy Build.*, 43, 1985-1990.
- Pinto, D.; Cruz, A.; Paiva, S.; Pereira, P.; Tavares, L.; Fernandes, L. y H. Varum (2012), Characterization of Corn Cob as a Possible Raw Building Material *Constr. Build. Mater.*, 34, 28-33.
- Pruteanu, M. (2010), "Investigations Regarding the Thermal Conductivity of Straw". *Bulletin of the Polytechnic of Jassy, Constructions, Architecture Section*.
- Rivero Nogueiras, Verónica (2016). *Análisis medioambiental de los aislamientos térmicos en la construcción*. Tesis Doctoral. Universidade da Coruña. Rockwool. Tarifa 2016. Precios recomendados [S.l.]: Rockwool, 2015. Disponible en: http://download.rockwool.es/media/444219/tarifa_ROCKWOOL_2016_es.pdf. Consultado: 4 de mayo de 2020.
- Ruiz Torres R. P., G. Castañeda Nolasco, T. Arguello Méndez, D. Morillón, & O. Reséndiz (2011) "Comparación del comportamiento térmico de una vivienda en clima cálido subhúmedo con la NOM-020-ENER". *Memorias de la XXXV Semana Nacional de Energía Solar, ANES*, Chihuahua, Chihuahua, México, 3 al 7 de octubre.
- Saint-Gobain (2016), ¿Qué es la Arlita Leca? Weber Saint-Gobain (s.n.). Disponible en: <http://www.weber.es/soluciones-ligeras-con-arlitareg-lecareg/ayuda-yconsejos/que-es-arlitareg-lecareg.html>. Consultado: 6 de mayo de 2020.
- Sartori, I.; Napolitano, A.; Marszal, A. J.; Pless, S.; Torcellini, P. y K. Voss (2010), Criteria for Definition of Net Zero Energy Buildings. EuroSun Conference, Graz, Austria.
- Schmidt, A.; Jensen, A. y A. Clausen, (2004), *A comparative Life Cycle Assessment of Building Insulation Products made of Stone Wool, Paper Wool and Flax*. Springer Berlin / Heidelberg, Berlin, pp. 53-66.

- Schnieders, J. (2003), *CEPHEUS – Measurement Results from more than 100 Dwelling Units in Passive Houses*. European Council for an Energy Efficient Economy - Time to turn down energy demand, Vienne, Autriche, pp. 341-351.
- Secretaría de Energía (2015), “Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2015-2029”. Sistema de Información Energética (SIE), Disponible en: <http://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2015/PRODESEN_2015-2029.pdf>.
- Torcellini, P. ; Pless, S.; Deru, M. y D. Crawley (2006), “Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition”, en *ACEEE Summer Stud*, Pacific Grove, California, USA.
- U.S. Department of Energy’s (DOE) (2012), *Buildings Energy Data Book*. Disponible en: <https://openei.org/doe-opendata/dataset/6aafo248-bc4e-4a33-9735-2babe4aef2a5/resource/3edf59d2-32be-458b-bd4c-796b3e14bc65/download/2011bedb.pdf>.
- Unión Europea (2013). *Commission European, Decision no 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 ‘Living Well, Within the Limits of Our Planet’ 7th Environmental Action Programme*.
- URSA (2016), *Lista de precios recomendados*. Marzo. Tarragona: URSA. Disponible en: http://www.ursa.es/es-es/productos/Documents/Tarifa_2016.pdf. Consultado: 6 de mayo de 2020.
- Villegas, (2010), “La NMX-C-460-ONNCCE-2009: un camino corto hacia la sustentabilidad”.
- Webb, R. (2002), *Insulation for Sustainability - A Guide*, XCO2, Londres, p. 83.
- Wimmer, R.; Hohensinner, H. y L. Janisch (2000), *Heat Insulation Performance of Straw Bales and Straw Bale Walls*. Viena: GRAT - Center for Appropriate Technology - Vienna University of Technology, p. 1.
- Ye, Z.; Wells, C. M. y C. G. Carrington (2006), *Thermal Conductivity of Wool and Wool-hemp Insulation*, John Wiley & Sons, pp. 37-49.
- Zuo, J. y Z. Y. Zhao (2014), *Green Building Research-current Status and Future Agenda: A Review*. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 30, 271-281.

Huertos urbanos como estrategia de resiliencia urbana en países en desarrollo

Urban agriculture as a strategy for urban resilience in developing countries

DOI: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.143>

DIANA SUSANA URÍAS BORBÓN

diana.urias@gmail.com

JOSÉ MANUEL OCHOA DE LA TORRE

<https://orcid.org/0000-0001-6035-1249> / jmochoa@arq.uson.mx

Universidad de Sonora, México

Recepción: 29 de enero de 2020. Aceptación: 30 de junio de 2020

RESUMEN

Los huertos urbanos a través de la historia y de numerosas experiencias recientes han sido utilizados para aminorar el impacto de crisis económicas, naturales e incluso sociales, en las ciudades, especialmente aquellas ubicadas en países en desarrollo.

El presente artículo analiza diversos ejemplos de huertos urbanos implementados como estrategia para incrementar la resiliencia en ciudades de África, Asia y América Latina, cada una con diferentes contextos económicos, sociales y climáticos con el objetivo de identificar prácticas que puedan ser replicables en contextos similares.

Desde la resiliencia económica (subsistir a momentos de crisis o guerras), social (integración de sectores vulnerables de la población) y ambiental (enfrentar fenómenos naturales), los huertos urbanos han demostrado ser una estrategia viable para resolver estos aspectos. Al implantarse en zonas no edificables por riesgo de inundación, como en las orillas de los ríos, funcionan como barrera natural y zona de absorción

de agua. En algunas ciudades los cultivos pueden representar ahorros familiares importantes y mejorar la calidad alimentaria. Además, su utilización como estrategia de generación de empleo y disminución de inseguridad ejemplifica que los huertos urbanos son una estrategia eficaz y económica que contribuye a la resiliencia urbana en aspectos económicos, sociales y ambientales de las ciudades actuales.

Palabras clave: huertos urbanos, resiliencia, sustentabilidad urbana, países en desarrollo

ABSTRACT

Throughout history and numerous recent experiences, urban gardens have been used to mitigate the impact of economic, environmental and even social crises in cities, especially those located in developing countries.

This paper analyses various examples of urban orchard-gardens implemented as a strategy to increase resilience in cities from Africa, Asia and Latin America, each with different econo-



mic, social and climatic contexts, with the aim of identifying practices that can be replicated in similar contexts.

From economic resilience (surviving moments of crisis and/or war), social resilience (integration of vulnerable sectors of the population) and environmental resilience (coping with natural phenomena), urban orchard-gardens have proved to be a viable strategy for resolving these issues. As they are implemented in areas that cannot be built on due to flood risk, such as riverbanks, they function as a natural barrier and water absorption area. In some cities, the crops can represent important family savings and improve food quality. Furthermore, their use as a strategy for generating employment and reducing insecurity, exemplifies that urban orchard-gardens are an effective and economic strategy, contributing to the economic, social and environmental resilience of today's cities.

Keywords: urban agriculture, resilience, urban sustainability, developing countries

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con datos del Banco Mundial (2018), la población que vive en entornos urbanos es de algo más de 3,500 millones de personas; es decir, un 55% de la población mundial, cifra que se eleva al 77% de la población si hablamos de países occidentales. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) prevé que para 2050 el porcentaje total mundial llegará al 66% (ONU, 2014).

Siguiendo con la proyección, para el año 2100 se espera que la población mundial llegue a 11.2 billones de habitantes, lo que implicará una enorme demanda de recursos; en las regiones en desarrollo y economías emergentes, como el caso del África subsahariana, Asia y América Latina, esta tendencia será más evidente al formar parte crucial en este crecimiento, ya que se estima que su población se expanda de manera más rápida que el resto de las regiones (Aloysius, 2015; Gragg *et al.*, 2018; ONU, 2018).

Con las anteriores proyecciones se vienen retos que no deben tomarse a la ligera. Uno de ellos es la seguridad alimentaria y nutricional. Con estos datos, se prevé que la producción de alimentos deberá incrementarse entre el 70% y el 100%; asimismo, la disponibilidad de agua que este aumento exige, sumada a la actual situación de muchos países donde la deficiencia de este recurso está llegando a niveles alarmantes, genera oportunidades para que su uso sea más eficiente (Gragg, 2018).

Vivir en entornos urbanos también tiene consecuencias. McMichael (2000) señala varias vías a través de las cuales el ambiente urbano afecta a la salud humana; algunas de ellas son el aumento en enfermedades respiratorias, como el asma, debido a altos índices de contaminación en el aire, exposición a sustancias tóxicas, como el plomo, provenientes de emisiones industriales, pinturas domésticas y anteriormente en combustibles (utilizado como aditivo en la gasolina durante décadas), así como el fenómeno de la “isla de calor urbana”, que provoca la intensificación de las ondas de calor. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en las ciudades de México, según los últimos datos disponibles hasta 2018, la primera causa de muerte de hombres y mujeres de uno a catorce años son los accidentes de tráfico de vehículos de motor, y se mantiene como la segunda causa en el rango de edad de quince a 34 años. (INEGI, 2018).

El crecimiento de las ciudades está ligado igualmente a la migración de la población rural a los centros urbanos en busca de mejores oportunidades laborales, servicios de salud y educación, entre otros. Sin embargo, este crecimiento también ha aumentado el número de personas en condiciones de pobreza dentro de las ciudades. Se estima que alrededor de un 25% de la población urbana de los países en desarrollo vive en condiciones de pobreza, y este número va en aumento (Zezza y Tasciotti, 2010). En regiones particulares, este número es mayor; por ejemplo, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 43%

de los habitantes de zonas urbanas en la región de África subsahariana sobrevive con un ingreso aproximado de un dólar americano (USD) diario, y si se sube la línea de ingreso máximo aproximado a \$2 USD, el porcentaje aumenta al 70%. (FAO, 2012) En México, según datos del Banco Mundial (2018), alrededor del 80% de la población del país vive en zonas urbanas, de la cual un promedio del 37.6% se encuentra en condiciones de pobreza (CONEVAL, 2019), lo que representa el 71.79% del total de las personas en pobreza del país viviendo en zonas urbanas. Unido a los anteriores datos, debe tomarse en cuenta que vivir en una ciudad es más costoso que vivir en una zona rural.

Dado lo anterior, cada vez más habitantes de las ciudades buscan alternativas que les permitan mejorar su calidad de vida; por no tener acceso regular a alimentos como consecuencia de economías informales e ingresos inestables, según Degenhart (2016), una de estas alternativas son los huertos urbanos. Según la FAO (2020), la agricultura urbana tiene entre sus principales objetivos promover el desarrollo sostenible, así como mejorar la nutrición y la seguridad alimentaria en zonas urbanas y periurbanas; por lo anterior, esa debiera ser hoy en día una de las prioridades en la agenda de las ciudades actuales, previendo su crecimiento y los retos que ello acarrea.

A pesar de que la historia que vincula el surgimiento de las ciudades con la agricultura, de acuerdo con Mougeot (2006) la ONU comenzó a interesarse recientemente en el tema de la agricultura urbana (a inicios de 1980), coincidiendo con la información que arrojó una encuesta realizada en Uganda por el UNICEF y la organización *Save the Children*, que indicaba que los huertos urbanos generaban suficiente comida para sus habitantes y que no había necesidad de programas adicionales de alimentación. Posteriormente, en la última década del siglo anterior, se reitera la importancia de la agroecología en la Cumbre de la Tierra, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, donde se menciona como una:

práctica fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible y la protección del ambiente por su

impacto en la soberanía alimentaria, generación de empleo e ingresos, protección de bienes naturales, reducción de la vulnerabilidad del sector agrario y el reconocimiento de los derechos de los agricultores (Mateus, 2016).

Desde entonces, la agricultura urbana se ha mantenido en el interés internacional y con mucho involucramiento por parte de la ONU, específicamente a través de la FAO.

En el año 2015, la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y estableció diecisiete objetivos en el marco de la Cumbre de Desarrollo Sostenible, a la cual asistieron más de 150 países. Estos objetivos buscan promover la prosperidad, a medida de proteger al planeta, y plantea como prioridad la erradicación de la pobreza como principal objetivo, ya que considera esa eliminación una condición indispensable para lograr el desarrollo sostenible, con el fin último de “mejorar los niveles de vida básicos, fomentando el desarrollo social equitativo e inclusivo y promoviendo la ordenación integrada y sostenible de los recursos naturales y los ecosistemas” (ONU, 2019).

Los objetivos de desarrollo sostenible que impactan el tema de los huertos urbanos son 2: Hambre Cero (al buscar seguridad alimentaria de las zonas urbanas y periurbanas), 3: Salud y Bienestar (mejorar la nutrición y la calidad de los alimentos consumidos), 10: Reducción de las Desigualdades, 12: Producción y Consumo Responsables, y más directamente el objetivo 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles, así como los huertos urbanos también promueven el uso de producción sostenible, sin la utilización de agroquímicos, y en algunas ocasiones es completamente orgánica (FAO, 2015; Zaar, 2011; Hernández, 2006). Bausch (2017) hace referencia a lo anterior a través del trabajo de diversos autores, y señala que los huertos urbanos pueden ser instrumentos para alcanzar otros objetivos que no se relacionan directamente con la alimentación, tales como la contribución a la adaptación al clima urbano, a la planeación del uso de suelo urbano y al manejo de residuos.

FIGURA 1
Objetivos de Desarrollo Sostenible.



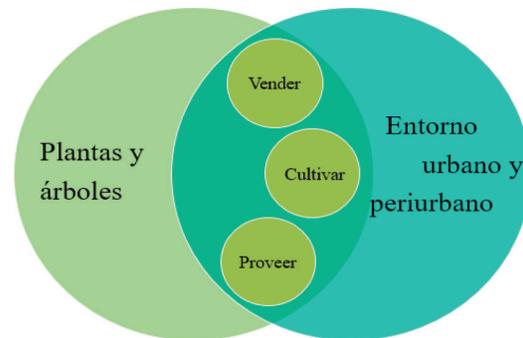
Fuente: ONU, 2019.

HUERTOS URBANOS: DEFINICIÓN Y USOS

De acuerdo con Smit, Ratta y Nasr (1996), se define como huerto urbano “el crecimiento de plantas y árboles, así como ganado dentro o en la franja de las ciudades (intraurbano o periurbano), incluyendo su cultivo, provisiones necesarias, así como posibles actividades de venta de sus productos y servicios”. Según Pearson, Pearson y Pearson (2010), a la anterior definición se le puede agregar que en la mayoría de los casos se utilizan métodos de producción intensiva, y que usualmente no incluye plantas utilizadas en el diseño de paisaje, sino cultivos hortícolas que producen alimentos (vegetales y frutas) y flores. Citan también a Mougeot (2008), al indicar que la principal diferencia entre la agricultura urbana y la rural es su integración al sistema económico y ecológico. Zaar (2011) incluye en su definición de los términos agricultura urbana y huertos urbanos que normalmente se realizan dentro de las mismas propiedades (patios o terrazas de las viviendas), o en terrenos vacíos, y “es practicada exclusivamente por personas que viven y trabajan en las ciudades”.

FIGURA 2

Definición de huertos urbanos según Smit, Ratta y Nasr (1996).



Fuente: Elaboración propia.

Bausch (2017) recalca una similitud de la agricultura urbana con respecto a la agricultura rural, y es el hecho de que ambas son útiles (o tienen el potencial de serlo) para muchas otras funciones además de la producción de alimentos. Asimismo, señala que, en la literatura académica, la seguridad alimentaria doméstica es considerada la función central de la agricultura urbana, particularmente en los países en desarrollo.

TABLA 1
Funciones de agricultura urbana y periurbana

Función de agricultura urbana - periurbana	Definición	Ejemplos y sinónimos
Cultura y comunidad	Tradiciones culturales y conocimiento inherente a la práctica de agricultura urbana y periurbana y a la preparación de alimentos. Acceso a comida étnica poco común.	Tradicición, identidad, construcción de comunidad, educación nutricional y de jardinería, recreación, espacio público.
Servicios ecológicos	Procesos medioambientales que las actividades de agricultura urbana y periurbana y los usos de tierra agrícola soportan.	Retención de agua y tierra, biodiversidad, diversidad genética, calidad del aire, regulación del clima local, reducciones de emisiones de CO ₂ , espacio verde, ciclo de nutrientes, manejo de residuos orgánicos, manejo de riego, producción de alimentos.
Economía	Formas en que la agricultura urbana y periurbana contribuye al ingreso familiar, al desarrollo económico de la ciudad y al de la región.	Empleo, sustento, desarrollo de empresas, economía local, desarrollo rural.
Seguridad alimentaria	Formas en que la agricultura urbana y periurbana reduce el hambre o mejora el acceso de alimentos del hogar o comunidad y contribuye al desarrollo de la comunidad o de la ciudad.	Acceso a alimentos, autosuficiencia de alimentos, soberanía alimentaria, alimentos producidos y distribuidos localmente.
Salud	Formas en que la agricultura urbana y periurbana contribuye a la mejora de la salud física y mental.	Nutrición, mitigación de enfermedades relacionadas con la dieta, salud mental, terapia.
Producción primaria	Producción de productos primarios: alimentos, fibras, madera, plantas de ornato a través de las actividades de la agricultura urbana y periurbana.	Alimentos, fibras, producción ornamental, disponibilidad de alimentos.

Fuente: Bausch, 2017.

Existen múltiples esquemas en los cuales los huertos urbanos pueden desarrollarse. Puede variar la escala (macro o micro), pueden ser individuales (privados) o comunitarios, y darse en lugares tan diversos como balcones o techos de edificios, e incluir múltiples actividades tales como apicultura, mercados y compostaje. La productividad de las parcelas no tiene relación con su área. Hough (2004) indica, a través de diversos análisis, que:

incluso una diminuta parcela de tierra en la ciudad, con una estación de crecimiento relativamente corta (de mayo a septiembre) puede producir una considerable ganancia neta en el producto, y aumenta el margen de autosuficiencia para las familias de bajos ingresos.

Otra observación hecha por el mismo autor es que, de hecho, el huerto urbano a pequeña escala tiene beneficios como adaptarse a cualquier forma de terreno, ya que puede ser adecuado para espacios que no tengan potencial para otros usos.

Aerts, Achten y Dewaelheyns (2016) incluyen en su definición de huertos urbanos el factor de la variedad; es decir, pueden presentarse en diversas actividades de cultivo, así como de lugares. Dan ejemplo de la variedad en otros factores como la propiedad de la tierra (puede ser privada, prestada, arrendada o pertenecer al espacio público), la temporalidad (pueden ser temporales o permanentes), el tamaño (pueden ser a pequeña o gran escala), la complejidad (desde simples contenedores y macetas hasta sistemas complejos de cultivo y riego).

TABLA 2
Tipologías de huertos urbanos

Escala	Tipología	Manejo / Propiedad	Descripción
Micro	Techo verde	Privada	Utilización de contenedores, macetas, camas de cultivo, o sistemas hidropónicos en el techo de un edificio.
	Jardín / patio privado	Privada	Terreno parcial o totalmente cultivado por una familia, normalmente dentro de la parcela de la vivienda.
	Alféizar	Privada	Cultivo de hortalizas o hierbas en contenedores colocados en el alféizar en los balcones.
	Contenedores	Privada / Pública	Contenedores, comúnmente plásticos o de geotextil, donde se cultivan hortalizas.
	Bordes de calle	Pública	Cultivos ubicados en zonas permeables en las banquetas o bordes de calles.
	Jardines de "pie cuadrado"	Privada / Pública	Cultivos intensivos en un espacio muy pequeño, normalmente colocado en capas verticales en contenedores o camas de cultivo.
Meso	Huerto comunitario	Privada	Terreno cultivado de forma colectiva por un grupo definido de personas.
	Huertos por asignación de parcelas	Privada	Terreno subdividido en parcelas que son asignadas y cultivadas de forma individual o familiar, usualmente ubicadas en la periferia de la ciudad.
	Parques urbanos	Pública	Cultivos ubicados en zonas definidas de parques públicos.
Macro	Huertos de escala comercial	Privada	Zonas amplias normalmente en el entorno periurbano dedicadas a cultivos específicos, administradas por empresas.
	Viveros	Privada	Ubicados en el entorno periurbano dedicadas a criar especies de árboles de uso urbano (frutales o de ornato), administradas por empresas.
	Invernaderos	Privada	Invernaderos de horticultura o floricultura, administrados por empresas.

Fuentes: Elaboración propia a partir de Pearson, Pearson y Pearson, 2010, y Aerts, Achten y Dewaelheyns, 2016.

Además de la tipologías señaladas en la tabla 2, existen también las señaladas por otros autores, como los huertos familiares o escolares, así como por su ubicación espacial, como los huertos de traspatio, en azoteas y verticales (Cano, 2015; Desmond, Grieshop y Subramaniam, 2004; Navas y Peña, 2012)

Los huertos también pueden administrarse de forma pública o privada. Sin embargo, resulta interesante la analogía que hace Hough (2004), quien señala que normalmente los ciudadanos de ingresos altos a medios pueden producir sus alimentos en huertos de escala doméstica debido a que tienen espacio en sus patios traseros o frontales (dado que comúnmente viven en zonas residenciales de baja densidad), pero los barrios de nivel económico bajo suelen estar en zonas de alta densidad, lo cual impide este tipo de agricultura para quienes más lo necesitan. Para ello

pueden implementarse huertos comunitarios dentro de parques de la ciudad, donde se "renten" las parcelas por personas que lo necesiten, por lo que en ambos casos se realizan los cultivos de forma privada, pero siendo la ciudad la que administra y proporciona la tierra.

HUERTOS URBANOS EN EL CONTEXTO DE PAÍSES EN DESARROLLO

Como anteriormente se señaló, en el último siglo los huertos urbanos han experimentado un renacimiento, al convertirse en una estrategia de resiliencia urbana en aspectos sociales (integración de grupos vulnerables, fenómeno de migración, seguridad alimentaria, interacciones sociales), medioambientales (calidad del aire dentro de la mancha urbana, reciclaje, manejo del agua y residuos) y económicos (desigualdad económica,

crisis, desempleo), dependiendo del lugar donde sea aplicada.

Según la FAO (2005), a lo largo de su evolución histórica, los huertos urbanos y domésticos ayudan a las comunidades “a enfrentar los problemas interrelacionados de seguridad alimentaria, nutrición, salud y seguridad económica”. Algunos de los efectos positivos que la organización relaciona son:

- la generación de ingresos monetarios y de trabajo, debido a producción de los cultivos fuera de estación y puede constituir una actividad tan rentable como la agricultura de pleno campo sin necesidad de alejarse;
- el mejoramiento de la seguridad alimentaria;
- el aumento de la calidad alimentaria gracias a la mayor diversidad de la ingesta;
- la disminución del riesgo debido a la mayor diversidad productiva;
- el mejoramiento del medio ambiente como consecuencia del reciclado de los desechos, la protección del suelo contra la erosión y la protección de la biodiversidad local (FAO, 2005).

La geografía puede ser un factor de influencia en los usos de los huertos urbanos. Mougeot (2006) hace una observación respecto de la diferencia entre las ciudades del hemisferio norte con respecto a las del sur (que considera que son las que más deberían impulsar este tipo de iniciativas, por su aún más acelerado crecimiento de los entornos urbanos y por su economía menos desarrollada). Señala que, si bien en las ciudades del hemisferio norte históricamente han recurrido a los huertos urbanos para aliviar la crisis de alimentos en momentos de gravedad económica, como guerras, actualmente sus usos están en su mayoría relacionados con terapia y recreación, educación, desarrollo de comunidades, conservación y reciclaje, y diversificación del uso de suelo abierto.

Por otro lado, otros autores hablan acerca de cómo en países en desarrollo, si bien no hay tantas políticas públicas que impulsen el desarrollo

de los huertos urbanos, la pobreza ha fomentado también formas distintas de abordar la producción de alimentos y reciclaje de desechos. Hough (2004) señala varios ejemplos:

- Indonesia practica la acuicultura urbana, en la cual los estanques de peces permiten que la producción de pescado y arroz se integre con el tratamiento y la absorción de los desechos animales y humanos. En Jakarta, el compostaje de desperdicios orgánicos por parte de colectivos ciudadanos de bajos recursos servía para venta y para ser utilizada en agricultura urbana intensiva.
- En Calcuta, India, las aguas residuales nutren los estanques de peces y los campos de arroz, y las huertas se localizan en los montones de basura creados por la ciudad en los años sesenta, y utilizan la composta natural generada por ella.
- En otras ciudades de la India, personas pobres complementan sus ingresos y consiguen combustible a través de la recolección de excrementos de animales, para hacer biodigestores.

En el caso de México, existen diferentes iniciativas impulsadas por instancias gubernamentales y la ciudadanía. Un ejemplo es el programa de Centros Ciudadanos para la Sustentabilidad de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que busca generar “conciencia ecológica y social” con una visión de resiliencia socioambiental en zonas urbanas, a través de la adaptación de espacios infrautilizados (camellones, terrenos baldíos, azoteas), con el objetivo de producir alimentos, impulsar la biodiversidad y fomentar cultura y educación ambiental (SEMARNAT, 2019).

En el país existen también ciudades donde el manejo de los huertos urbanos está legislado, con el objetivo de promover su práctica; tal es el caso de la Ciudad de México, donde existe la Ley de Huertos Urbanos en la Ciudad de México (2017), donde se otorga a todos los habitantes de la ciudad el derecho a contar con un huerto urbano. Otros artículos de la ley especifican que se les

brindará asesoría técnica a quienes lo requieran, apoyos gubernamentales o incentivos fiscales para su implementación a los interesados, así como a personas físicas o morales que brinden trabajo a través de ellos a sectores vulnerables. Se establecen igualmente los lineamientos para la implementación de huertos urbanos privados y públicos.

En el tema de seguridad alimentaria dentro del contexto de países en desarrollo, se estima que en los hogares con nivel de pobreza se destina entre el 60% y 80% de los ingresos a la compra de alimentos (Degenhart, 2016), por lo cual los huertos urbanos se convierten en una estrategia necesaria adoptada por las familias de los sectores más vulnerables de la población urbana. Tasciotti y Wagner (2015) indican que alrededor del 40% de la población urbana de África tiene alguna práctica de agricultura urbana, así como el 50% en países de América Latina y de Asia.

Degenhart (2016) señala que estudios han determinado la relación directa entre las

prácticas de agricultura urbana especialmente en épocas de inestabilidad política y económica. De ahí que esta actividad sea considerada una estrategia de supervivencia inducida por crisis en épocas de disturbios sociales y de inestabilidad económica y política.

La tipología más frecuente de agricultura urbana dentro de los países en desarrollo es la huerta familiar (combinando producción para sustento de la familia y venta para mejorar el ingreso). Dentro del mismo contexto, es interesante reconocer que no solamente las personas en condición de pobreza practican la agricultura urbana. Aunque la mayoría de los agricultores urbanos y periurbanos pertenecen a este estrato económico, personas de clase media y emprendedores en búsqueda de una inversión para su capital en formas de cultivo más intensivas también se observan dentro de los practicantes (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling, 2011; Aloysius, 2015).

Zezza y Tasciotti (2010) realizaron un estudio en quince países en desarrollo (Ghana, Madagas-

car, Malawi, Nigeria, Bangladesh, Indonesia, Nepal, Pakistán, Vietnam, Albania, Bulgaria, Ecuador, Guatemala, Nicaragua y Panamá) donde, si bien identificaron que la agricultura urbana no es la principal actividad económica, su práctica sí impacta positivamente el ingreso familiar (enfatan los países de África analizados donde representa un ingreso considerable), y concluyeron que existe una clara correlación en dos tercios de los países analizados entre la variedad en la dieta, los nutrientes, las calorías consumidas (siendo frutas y verduras el grupo alimenticio que más contribuía a lo anterior) y las prácticas de agricultura urbana, lo que mejoraría la calidad alimentaria.

En la Ciudad de México, de acuerdo con la FAO (2015), en el año 2012 la cosecha de los huertos urbanos que se encuentran dentro de su perímetro (aproximadamente 22,800 hectáreas) tuvo un valor aproximado de más de cien millones de USD, y genera alrededor de 15,000 toneladas de hortalizas al año que se utilizan para autoconsumo y venta local, así como otras producciones a mayor escala se comercializan en mercados regionales y urbanos. Antiguos sistemas productivos, como las chinampas, aún se utilizan por algunos productores, y la innovación y la evolución de este sistema tradicional han favorecido que los cultivos se mantengan en la zona. Aun así, se estima que alrededor del 80% de los alimentos consumidos por los habitantes de la ciudad proceden de importación o de otros lugares del país.

Cabe resaltar también que, dentro de todos los aspectos positivos anteriormente mencionados de los huertos urbanos, hay situaciones que generan problemáticas. Un ejemplo es el manejo inadecuado de desechos, de aguas residuales y abono, que pueden provocar problemáticas de salubridad (Aloysius, 2015).

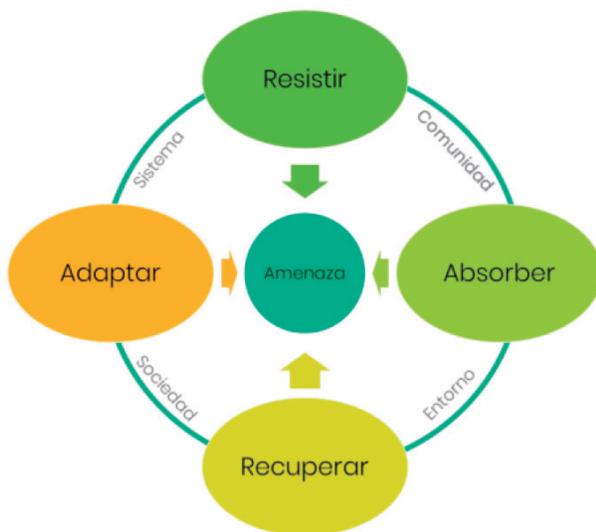
HUERTOS URBANOS Y RESILIENCIA

En los últimos años, el concepto de ciudades resilientes se ha mencionado cada vez más, en parte debido a los desastres naturales que enfrentan

las ciudades a consecuencia del cambio climático. González y Veliz (2016) definen el énfasis de este concepto en la “necesaria mitigación, adaptación y reversión del cambio climático”, e indican que es antónimo de vulnerabilidad. La oficina de Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009) define resiliencia como la “capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas”. Zuñiga (2018), además, hace hincapié en las interdependencias que la resiliencia produce entre el ser humano y su medio físico con el fin de generar estabilidad y coherencia del espacio urbano y de sus recursos. Una ciudad resiliente, por lo tanto, debería ser capaz de responder e implementar diversas estrategias que mitiguen y restauren de forma rápida, eficaz y eficiente las actividades económicas, sociales e institucionales en un entorno físico seguro y estable.

FIGURA 3

Definición de resiliencia de acuerdo con la UNISDR (2009)



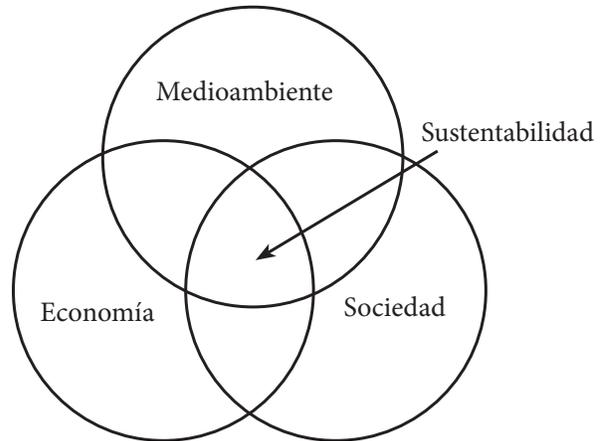
Fuente: Elaboración propia.

Si observamos el concepto de resiliencia bajo el esquema de la definición de sustentabilidad, po-

demos analizarla desde tres perspectivas: social, económica y medioambiental.

FIGURA 4

Componentes de la sustentabilidad.



Fuente: Portney, 2015.

Nacif (2016) describe que, al igual que el concepto de sustentabilidad por sí mismo, el desarrollo urbano sustentable se basa en tres pilares que lo fundamentan conceptualmente:

la protección ambiental —equilibrio medioambiental para la conservación del sistema productivo territorial—, desarrollo económico —eficiencia en la asignación de recursos, para la competitividad territorial— y el progreso social —equidad en la distribución de servicios, infraestructuras y empleo, para la cohesión social.

Por lo tanto, podríamos decir que el grado de desarrollo sustentable de una comunidad, coadyuva con su capacidad de resiliencia ante los desastres producidos por el cambio climático y otras amenazas de tipo social y económico.

Los huertos urbanos se consideran como una estrategia que puede contribuir en la construcción de comunidades sustentables, ligar la vida humana con la naturaleza y generar entornos de usos mixtos. También pueden adoptarse como una estrategia de resiliencia, haciendo énfasis en los países en desarrollo como una táctica de subsistencia en momentos de crisis o guerras, al brindar un apoyo a la economía de personas en

situación de vulnerabilidad económica, en algunos casos funcionar como barreras naturales en zonas no edificables, así como para la generación de tejido social.

A continuación, se presentan casos donde los huertos urbanos han sido utilizados como estrategia para el desarrollo de la resiliencia de las comunidades urbanas, ante amenazas y retos ambientales, económicos y sociales.

RESILIENCIA SOCIAL

Tal como muestra la historia y han demostrado numerosos experimentos y estudios recientes hechos en ciudades de países en desarrollo, los huertos urbanos son utilizados como estrategia durante épocas de crisis para supervivencia, generación de aprendizaje, mejora de la seguridad; unido a lo anterior, actualmente se utilizan también como terapia ocupacional para apoyar la adaptación y la reinserción social de grupos socialmente vulnerables (Mougeout, 2006; Olivier y Heineken, 2017; Del Viso, Fernández Casadevante y Morán, 2017).

A diferencia de la primera mitad del siglo XIX, donde los huertos urbanos eran planteados con fines educativos, estéticos o recreativos, para finales del XIX e inicios del XX el uso de los huertos dentro del contexto urbano cambia y estos se convierten en una necesidad, en una alternativa de subsistencia durante las guerras y crisis económicas y políticas de la época (Morán y Aja, 2011).

Los *poor gardens* y los *relief gardens* fueron la respuesta para las personas empobrecidas, y se desarrollaron en terrenos baldíos en los centros de las ciudades (algunos también en la periferia). Fueron fomentados por asociaciones benéficas, por la iglesia, por humanistas e higienistas, y básicamente su función era producir alimento en apoyo a los trabajadores. En este sentido, estaba prohibido comercializar la producción (era para autoconsumo), y existían controles en cuanto a las rotaciones de cultivos y tamaño (Morán y Aja, 2011; Hermi, 2011).

Los *liberty and victory gardens* aparecen en la Primera Guerra Mundial, tanto en Estados Unidos como en Europa (Fernández, 2012). Durante la Segunda Guerra Mundial estos huertos crecen en número, y fueron utilizados como forma de propaganda política, ya que gran parte de los alimentos estaban racionados, debido a que lo que se producían en el país era enviado a las tropas, y el producir tus propios alimentos era la forma de apoyar (uno de sus eslóganes era *Dig for Victory* —“cavar para la victoria”). Gracias a estos estímulos, los huertos dentro de la forma de vida urbana comienzan a tomar relevancia.

Volviendo a épocas actuales, la migración de áreas rurales a entornos urbanos sigue siendo un fenómeno. Hough (2004) indica que la agricultura moderna ha provocado que una gran parte de la población de áreas rurales se traslade a las ciudades, debido a que no pueden competir con esta industria que cada vez está más mecanizada y necesita menos gente. Como herencia del colonialismo, muchos campesinos han quedado sin tierras para labrar y, por ende, sumidos en la pobreza (ejemplifica con países como El Salvador o Zimbabwe, donde el mayor porcentaje de la tierra pertenece a menos del 2% de la población). Indica igualmente que desde 1973 la economía ha experimentado un descenso económico como consecuencia de la decadencia de la agricultura. Los huertos urbanos, en ese aspecto, podrían funcionar como estrategia de adaptación de la gente que viene de ambientes rurales a la ciudad, al funcionar como contacto social y un modo de supervivencia económica.

Otro ejemplo del aspecto social son los huertos escolares, una iniciativa que en los últimos años se ha implementado en muchas comunidades de países en desarrollo, con objetivos didácticos (aprender haciendo), pero también como una manera de formar una conciencia ecológica y ambiental (Rodríguez, Tello y Aguilar, 2012).

FIGURA 5

Huerto escolar en la escuela Tangareal en Colombia.



Fuente: Global Humanitaria, 2015.

La educación no es exclusiva de las aulas escolares, también es un beneficio de los huertos comunitarios. Un caso mencionado por Reynolds y Cohen (2016) describe que por generaciones la implementación de huertos urbanos ha provocado que vecinos se organicen para limpiar predios vacantes dentro del entorno urbano; sin embargo, también se ha llevado a cabo la práctica llamada “fito remediación”, que consiste en cultivar plantas como estrategia para remover la toxicidad del suelo, y como consecuencia la población joven ha aprendido acerca de sistemas ecológicos, alimentación saludable e incluso habilidades relacionadas con el liderazgo, al trabajar dentro de los huertos. Hough (2004) señala otros aprendizajes que se dan dentro del contexto de los huertos urbanos, en temas tan variados como la producción de energía, producción de alimentos, manejo de residuos, prácticas agrícolas, técnicas de jardinería de mercado y otros asuntos rurales y urbanos.

Los efectos en la salud también son notorios. Mougeot (2006) ejemplifica con los *bidonvilles* (chabolas) de Haití, como un caso donde se evidencia que los huertos urbanos son críticos para proveer a las familias de estas comunidades

cierto tipo de alimentos que son ricos en micronutrientes, como vegetales y alimentos de hoja verde frescos. En este caso particular, los padres han declarado que los niños que comen regularmente vegetales frescos de estos huertos tienen un mejor rendimiento escolar. También los huertos urbanos pueden aprovecharse para cultivar alimentos de alto valor nutricional y económico, tales como tomates, frijoles, cebollas y lechugas, cuyos beneficios en relación con el tiempo que se les invierte son altos en contraste con otro tipo de hortalizas (como por ejemplo papa o calabazas) que son más económicas y abundantes en las tiendas (Hough, 2004).

La inclusión de grupos marginales y socialmente vulnerables, como personas con VIH o sida, refugiados, mujeres, personas jubiladas o de tercera edad, es uno de los principales beneficios sociales de los huertos urbanos. Al cultivar sus propios alimentos y tener una oportunidad de proveer un ingreso a sus familias, se desarrolla autocontrol, manejo de recursos, autoestima e incluso habilidades de emprendimiento (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling, 2011).

En Quito, Ecuador, los huertos urbanos han funcionado también como una estrategia para integrar a las mujeres al trabajo. El proyecto Agricultura Urbana Participativa (AGRUPAR) comenzó como una iniciativa pública a modo de cooperativa, para capacitar, apoyar a comercializar y brindar asistencia técnica a los interesados. Actualmente cuenta con más de 1,300 huertos que han generado impactos en la calidad de la nutrición, el fomento de agrobiodiversidad, el manejo y el reciclaje de residuos orgánicos para generar composta, y la disminución de la escorrentía, entre otros beneficios (Cuvi, 2015).

Otro caso en América es el de Brasil. A través de programa social “Hambre Cero” se busca fortalecer la resiliencia de las ciudades brasileñas. El programa impulsa el desarrollo de los huertos urbanos a través del gobierno federal, y pretende reducir la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria a través de la inclusión de las personas de este estrato económico en el programa (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling, 2011).

En el mismo país, en el área urbana de Juiz de Fora, se implementó el programa “PlantAção” iniciado en 2007, que tenía como objetivo la resocialización y la reinserción de ciudadanos sin hogar en la sociedad. El programa, a diferencia de “Hambre Cero”, es administrado por la municipalidad, brinda educación y formación, y otorga oportunidades para tener acceso a un empleo. Participan agrónomos, educadores sociales, trabajadores sociales y psicólogos en la atención a los inscritos. Los productos cosechados se venden y el dinero recaudado va a un fondo que se divide entre los participantes cuando se gradúan del programa, durante el cual reciben una beca mensual de \$74 USD. El programa ha tenido buenos resultados. Por ejemplo, todos los participantes de la primera generación ganaron autoestima, la mayoría dejó sus adicciones, encontraron una vivienda con recursos propios, algunos incluso consiguieron trabajo regular, y se repitió el mismo resultado el año siguiente, lo que demuestra que la agricultura urbana puede proveer más beneficios que solamente la seguridad alimentaria. El programa no pudo continuar posteriormente debido a falta de fondos del gobierno local y el poco interés de invertir en personas sin hogar (Lanzarotti, Ferreira y dos Santos, 2009). Un programa muy similar ha sido implementado en Ciudad del Cabo, Sudáfrica, con resultados positivos (Philander y Karriem, 2016).

Un caso reciente donde se aplicó la agricultura urbana como estrategia de integración social fue en los campos de refugiados sirios en Iraq. Además de beneficios materiales evidentes, como la posibilidad de producir alimentos para autoabastecimiento y comercialización, se observaron otros tales como nutrición, recreación, relajación, mejoras ambientales como regulación del microclima y biodiversidad, y también de cultura, como apropiación del espacio y prácticas culturales. La preservación de la memoria y el conocimiento, la generación de interacciones sensoriales, y la sensación de hogar al poder tener espacios más agradables, se consideran esenciales en la recuperación del trauma dentro de comunidades de refugiados, por brindarles una

sensación de dignidad y pertenencia en sus nuevos lugares de residencia (Tomkins *et al.*, 2019).

De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling (2011) también exponen el caso de campamentos de refugiados durante la guerra civil de Sierra Leona, donde los habitantes de Freetown experimentaron la importancia de los huertos urbanos al asegurar que sin la práctica de la agricultura urbana durante esa década hubieran muerto por hambre, y recalcan su lugar como una estrategia para recobrar dignidad y aumentar la sensación de esperanza y autoconfianza, a la par de reducir costos operacionales para las agencias de ayuda humanitaria.

Bundy (2018) hace referencia a múltiples estudios que demuestran las relaciones que hay entre la agricultura urbana y el desarrollo del capital social, la reciprocidad y la eficacia colectiva en las comunidades, y cita la definición de Putnam sobre capital social: “la red de relaciones, recursos e inversión que los individuos depositan a una comunidad”. El mismo autor dice que el capital social “crea una base para que ocurran otros procesos sociales positivos, como la eficacia colectiva, y la reciprocidad”.

FIGURA 6

Huerto urbano en Ciudad de México



Fuente: Linares, 2012.

Podemos observar a través de los anteriores ejemplos que los huertos urbanos, como iniciativa ciudadana o gubernamental, además de brindar la capacidad de seguridad alimentaria que muchas ciudades de países en desarrollo necesi-

tan por el panorama de crecimiento, enriquecen la experiencia de una comunidad al promover educación y autosuficiencia, estimular la innovación y el emprendimiento, generar empleos, integrar personas vulnerables a sus comunidades y, por ende, mejorar la seguridad, ya que estas acciones tienen el potencial de reducir los índices de violencia y criminalidad.

RESILIENCIA AMBIENTAL

Muchos estudios han analizado los efectos de la vegetación dentro de las zonas urbanas. Los huertos urbanos aumentan las zonas verdes, muchas veces en sectores diversos, debido a su gran flexibilidad. Es bien sabido de los beneficios, especialmente para las ciudades de clima cálido-seco, de contar con vegetación para mejorar el clima urbano, reduciendo la isla de calor y generando sombras y microclimas.

Igualmente, la vegetación provee numerosas funciones ecológicas, incluyendo la captura, la producción, el reciclaje y el almacenamiento de la energía y los materiales, a la vez de mejorar la condición de vida de los ambientes urbanos mediante la calidad del agua y del aire, a través de la aceptación y la absorción de ambas, y su posterior evapotranspiración neutralizando la mayoría de sus contaminantes y patógenos (American Planning Association, 2018).

Los huertos urbanos pueden ayudar a considerar la ciudad desde una perspectiva sistémica, que atienda los ciclos del metabolismo urbano, el contexto territorial y los procesos culturales e identitarios de las sociedades que las habitan, como modelo de una regeneración urbana ecológica efectiva (Villace *et al.*, 2014).

Malas prácticas agrícolas, gestión incorrecta del agua y mal manejo de residuos pueden ser efectos negativos de su implantación. Sin embargo, muchos autores coinciden en que son aspectos secundarios y que son mucho mayores sus beneficios.

Degenhart (2016) indica que uno de ellos es que la agricultura urbana previene el sellado del

suelo y puede funcionar como una barrera para mitigar los efectos de deslaves e inundaciones por lluvias. De acuerdo con el Fondo de Población de las Naciones Unidas (2007), lo anterior afecta principalmente a personas que viven en situaciones precarias, que ubican sus viviendas en áreas como laderas, zonas costeras bajas y con pocos o nulos sistemas de drenaje. Deleestra y Girardet (1990) citan el caso de Dar es Salaam en Tanzania, donde las áreas en la orilla de los ríos no son edificables debido a las inundaciones en la época de lluvias. Sin embargo, por ser terrenos fértiles y muy apropiados para la agricultura, es viable colocar huertos en estas áreas, ya que se convierten en barreras naturales y zonas de amortiguamiento. En otras ciudades, como Amman, Jordania (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbelling, 2011), Calcuta, India (Choudhury, 2019), Rosario, Argentina y Montevideo, Uruguay (Dubbelling *et al.*, 2009), los huertos urbanos han sido implementados exitosamente en zonas propensas de inundación y aluviones, y además se han convertido en áreas de recreación y conservación de la naturaleza.

Se han realizado también diversos estudios e implementaciones donde se puede observar el impacto de los huertos urbanos en las comunidades en cuanto a producción de alimentos (en su mayoría benéficos), y que incluyen diseños y tecnologías de vanguardia, sistemas de producción sustentable y características amigables con el ambiente. Si se establece una comparación entre los cultivos de pequeña escala (menos intensivos, con actividades mixtas) y la agricultura industrializada (gran escala, menos variedad de cultivos, intensiva), existen beneficios en términos económicos en esta última (mayor cantidad de alimento a menor costo, menos trabajo pesado). Sin embargo, esta también trae consigo “costos considerables en términos medioambientales y sociales para el campo y la ciudad” (Hough, 2004).

De acuerdo con Deleestra y Girardet (1990), el concepto de huella ecológica urbana puede servir para ilustrar cómo las ciudades impactan las áreas rurales y naturales circundantes. Se entiende como huella ecológica la cantidad de superfi-

cie y agua necesarias para producir los insumos (energía, materiales, alimentos) de una ciudad, así como el espacio necesario para absorber sus desechos. La producción de alimentos es un componente vital para calcular dicha huella. Con el panorama actual del crecimiento de las ciudades en países en desarrollo a escala mundial, es importante considerar la producción de alimentos dentro de la propia mancha urbana para reducir el impacto de esta huella; existe mucho potencial a pesar de la densidad que pueda existir dentro de estas.

Existen casos donde la agricultura urbana ha funcionado como estrategia para recuperar la biodiversidad nativa y el paisaje. En Quito, Ecuador, desde la década de 1990 se ha trabajado en la recuperación de parques dentro de la ciudad, en algunos casos a través del manejo de plantaciones de eucaliptos que han dado paso a la floresta andina nativa, sustituyendo los jardines y alamedas europeos instaurados durante la colonia por biodiversidad nativa, que, por ende, genera una mayor resiliencia (Cuvi, 2015). En el caso de los cultivos, el cambio climático ha generado que las familias diversifiquen sus plantaciones y cultiven productos andinos como la quinua, oca, apio o chago, que además tienen un alto valor nutritivo, menores necesidades hídricas y mayor potencial de protección de suelo, por ser cultivos endémicos (Anguelovski, 2009). Es también importante recalcar la relación que existe entre la disminución de áreas verdes en los entornos urbanos y la disminución de la biodiversidad urbana. Dubbelling *et al.* (2009) señalan que:

el mantenimiento de la biodiversidad agrícola urbana, y con ello la protección de una base más amplia de diversidad genética animal y vegetal, son estrategias importantes para que tanto los agricultores rurales como los urbanos puedan adaptarse a los cambios del clima.

Los jardines verticales pueden funcionar como una alternativa dentro de megaciudades donde no existe superficie horizontal disponible, como en el caso de la ciudad de México con la “Vía

Verde”, donde alrededor de 60,000 m² de jardines verticales instalados a lo largo de más de 1,000 columnas de concreto en 27 km² funcionan como filtros de aire, además de reducir las islas de calor. Otros beneficios que ha generado el proyecto es la reducción del ruido, la creación de ambientes y paisajes más agradables (lo que reduce el estrés y mejora la sensación de bienestar) y la generación de empleo; por ejemplo, los hombres y mujeres en centros de readaptación social que producen los sustratos textiles (utilizados para sustituir a la tierra) compuestos al 100% por botellas PET recicladas. El sistema utilizado para riego es automatizado para aumentar su eficiencia (Gragg, 2018; Chávez, 2019).

En la gestión de los huertos urbanos, un par de temas importantes son la disponibilidad de tierra y la gestión del agua, así como la participación del gobierno y las organizaciones no gubernamentales (ONG) que pueden ser un factor fundamental en las ciudades de países en desarrollo, por ser los terrenos urbanos más caros y poco accesibles por temas de normatividad. El gobierno de Sri Lanka es uno de los que promueven activamente los huertos domésticos y comunitarios; estos últimos en terrenos tanto municipales como privados, como parte de una campaña nacional para motivar la producción local de alimentos. Otro caso es en Bulawayo, Zimbabwe, ciudad donde el 60% de los habitantes se encuentra por debajo del nivel de pobreza, y los huertos urbanos fueron reconocidos por el gobierno de la ciudad como estrategia para proveer alimentos a los pobres. Se adoptaron medidas y se adaptaron leyes (eliminando restricciones) para los temas de producción agrícola en entornos urbanos y periurbanos. Más de 450 ha de lotes baldíos ubicados en la periferia de la ciudad fueron repartidos para su uso como huertos urbanos de forma permanente para uso de familias en desventaja económica. El agua tratada utilizada para riego ha sido gestionada a través de organizaciones no gubernamentales como World Vision y universidades, entre otros (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbelling, 2011).

En zonas donde el agua escasea, la viabilidad de los huertos urbanos pudiera verse comprome-

tida. Sin embargo, existen algunos casos, como el de La Soukra, Túnez, una zona desértica, donde se demuestra que con un correcto manejo del recurso es posible. A través de la recolección y el mantenimiento de aguas residuales y de lluvia se han alimentado invernaderos que producen diferentes hortalizas, tales como tomates, fresas, pimientos, lechugas, y plantas ornamentales. Houman y Moez (2009) citan el caso y mencionan que existe el potencial de recolectar 380 m³ de agua de lluvia en las azoteas e invernaderos (un total de 950 m²), lo que permitiría el riego de 500 m² de cultivo.

En las ciudades de Botswana, el acceso a un terreno no representa un problema para la práctica de la agricultura urbana, pero el agua es un recurso muy escaso, por lo que en ciudades como Gabarone, Francistown y el Distrito Central ha aumentado la utilización de las aguas residuales para irrigación a través de plantas de tratamiento, aunque se recomienda igualmente la recolección de agua en las azoteas de las construcciones. En casos como este, la utilización de aguas residuales tratadas ha resultado un recurso muy efectivo para el riego de los huertos urbanos y, de hacerse este tratamiento de forma adecuada, puede proveer de nutrientes tales como el nitrógeno y fósforo, que normalmente serían obtenidos de forma artificial para una producción agrícola (Aloysius, 2015).

La reutilización y el aprovechamiento de residuos orgánicos es otro beneficio potencial de los huertos urbanos. Al producir composta a partir de los restos orgánicos se reducen los costos de manejo de este tipo de desechos, mientras se aumenta la fertilidad de los terrenos. De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling (2011) indican que, de los desechos de los países en desarrollo, del 60% al 90% del peso fresco es material biodegradable que puede ser utilizado para composta y alimento para animales. Cita el ejemplo de Nairobi, donde del total de desechos de un año se pudiera generar una ganancia de dos millones de USD por producción de nitrógeno y fósforo para fertilizante, y por ende, evitar minar los recursos y energía de la producción de fertilizantes artificiales. Ribeiro y Quintino (2009) citan los huertos urbanos de

Contagem, Brasil. Para su abono se recogen los restos de un comedor comunal donde se atiende a 300 personas al día. Estos restos se transforman en composta que, a su vez, vuelve al comedor en forma de alimento saludable, con lo que se crea un ciclo de producción, reducción y optimización de recursos.

RESILIENCIA ECONÓMICA

El aumento de la población en las ciudades de países en desarrollo trae consigo consecuencias en el ámbito económico; por ejemplo, altas tasas de desempleo, economía informal y falta de servicios básicos para su población, especialmente en las zonas periurbanas.

Alrededor de 12% de la población mundial sufre de malnutrición extrema relacionada con la pobreza o la imposibilidad de conseguir alimento, según la Organización de las Naciones Unidas (Vasconcelos, 2014). Según Mougeot (2006), en hogares de familias pobres de Latinoamérica y de África hasta un 80% del ingreso familiar se gasta en alimentos, aun cuando no existe una escasez de alimentos. De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling (2011) indican que el porcentaje de participación en agricultura urbana varía en dependencia del país, pero regularmente es sustancial; por ejemplo, 13% en Accra, Ghana, 20% en Dar es Salaam, Tanzania, 45% en Governador Valadares, Brasil, y en Pekín, China entre medio millón y un millón de migrantes se dedican a la agricultura periurbana.

Un estudio realizado por Van Veenhuizen y Danso (2007) recopiló información acerca de las ganancias obtenidas por familias de ciudades africanas que cultivaban en pequeñas parcelas en espacio periurbano. Concluyeron que el monto de ingreso mensual familiar asciende a entre \$30 USD y \$70 USD, pero puede llegar a ascender a \$200. Si se compara con el salario mensual mínimo de los países de África, que están en el rango de los \$20 USD a \$40 USD por mes, se evidencia que la producción en los huertos urbanos es un buen esquema de ingreso comparado con otros trabajos.

Bausch (2017) señala que los huertos urbanos han contribuido con la seguridad alimentaria doméstica por incrementar tanto el valor calórico como la diversidad de los alimentos consumidos, además de favorecer la economía familiar haciendo a los hogares con menos recursos menos vulnerables al incremento de los precios de los alimentos. En algunos ejemplos señala que, particularmente en ciudades africanas, los huertos urbanos han apoyado el ingreso familiar. También resalta otros efectos, como la seguridad alimentaria en la comunidad y la ciudad, que protege a las poblaciones de las fluctuaciones de los precios del petróleo, ya que la producción local reduce los costos asociados con el transporte de los alimentos.

En el caso de Cuba, de acuerdo con la FAO y a la Asociación para el Estudio de la Economía en Cuba, en el año 2013, 63,000 toneladas de vegetales, 20,000 toneladas de fruta, 10,5 millones de litros de leche y 1,700 toneladas de carne de diversos animales se produjeron a través de la agricultura urbana dentro de La Habana, y sirvieron a 300,000 personas en situación de prioridad social y a escuelas y hospitales. Adicional a lo anterior, la agricultura urbana ha generado más de 300,000 empleos a través de todo el país (Bundy, 2018).

FIGURA 7

Huerto urbano en La Habana, Cuba



Fuente: Bollinger, 2015.

Otro caso en América Latina es el de Rosario, Argentina. En esta ciudad de un millón de habi-

tantes, el 60% vive en condiciones de pobreza (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling, 2011). A partir de la crisis económica que vivió el país en el año 2000, se creó el programa municipal de huertos urbanos para mejorar los ingresos de los habitantes pobres. El programa abarca diferentes medidas que garantizan el acceso y los derechos de las personas pobres a terrenos para cultivo; por ejemplo, tener un mapeo de los predios baldíos en una base de datos, proveer de permisos y designar zonas específicas dentro del plan de desarrollo para cultivo dentro de la mancha urbana y periurbana, incentivos fiscales para los dueños de terrenos baldíos que presten sus lotes para este fin de forma temporal, entre otros. Igualmente, para el tema de la comercialización, diferentes ONG y actores locales, en conjunto con el municipio, generaron acciones para estimular la venta, la producción y el mercadeo, como organizar a grupos de productores, brindarles acceso a financiamiento e infraestructura para establecer procesadoras y empacadoras, educación financiera, control de calidad e higiene, y estrategias de venta como mercados locales, e incluso esquemas de entrega a domicilio (De Zeeuw, Veenhuizen y Dubbeling, 2011).

En Montevideo, Uruguay, el gobierno municipal y la Universidad de la República promovieron la participación en huertos urbanos familiares y comunitarios con el objetivo de garantizar el acceso a alimentos y como estrategia de apoyo a la economía familiar durante los años de crisis. Al igual que en el caso de Rosario, se desarrollaron redes de trabajo que promovieron participación social, y algunos temas de interés que fueron descubriendo al participar fue la importancia de consumir alimentos frescos y de calidad, promover valores como la solidaridad, y tener la posibilidad de incidir en políticas públicas (Santandreu *et al.*, 2009).

El aumento de precios en los alimentos de forma dramática en los países en desarrollo, notablemente en el sur y este de Asia (Choudhury, 2019) y África subsahariana, como en el caso de Tanzania (hasta el 50% entre 2007 y 2009) fomentó el desarrollo de los huertos urbanos, y, de

acuerdo con análisis realizados a la mejora en la diversidad de la dieta, se estimó que la población más pobre (primer y segundo quintil) registra hasta el doble de ganancia en variedad de la dieta, a diferencia de la población más rica, que no depende de este tipo de programas para una dieta más diversa, lo que concluye que los huertos urbanos son un ejemplo de programa bien dirigido (Tasciotti y Wagner, 2015).

Los huertos urbanos han sido utilizados como una estrategia viable y accesible para fortalecer la resiliencia económica de las ciudades en tiempos de inestabilidad económica (especialmente de los sectores más vulnerables de la población); sin embargo, su práctica necesita ser impulsada y apoyada por gobiernos, ONG y en algunos casos el sector privado en temas de infraestructura, políticas públicas y de uso de suelo, con el fin de que pueda ser accesible a las personas que más se ven beneficiadas de este tipo de programas.

CONCLUSIÓN

La implementación de huertos urbanos puede ser efectiva en diferentes ámbitos para comunidades de países desarrollados o en desarrollo, para estos últimos los huertos urbanos tienen interesantes efectos, como fuente de ingresos adicionales, mejorando la calidad alimentaria de las familias, reduciendo el impacto de los desastres naturales, o para fomentar la educación, el desarrollo de relaciones sociales y la reinserción de personas a la sociedad y al sector productivo.

A pesar de que en los ejemplos seleccionados para este artículo los huertos urbanos tienen un impacto positivo en términos de resiliencia social, ambiental y económica respectivamente, hay que considerar también los aspectos que pudieran generar problemas, como lo son un mal manejo de residuos, abono y agua tratada de forma no adecuada (en ambos casos pudieran propagarse plagas y enfermedades), en especial en entornos periurbanos donde en muchas ocasiones existe una alta densidad de población en

condiciones de pobreza, y adicionalmente los servicios públicos son escasos o nulos.

Igualmente, es necesario contar con la participación de los actores que han demostrado ser de vital importancia en temas cruciales para el correcto funcionamiento de los huertos urbanos, como son la disponibilidad del agua y el terreno dentro del ambiente urbano: gobiernos, ONG y sector privado. Para que los huertos urbanos puedan desarrollarse de manera efectiva dentro de los contextos urbanos, ubicándolos en los lugares adecuados y para fomentar la participación ciudadana, son necesarios dos elementos: conocimiento y estructuras institucionales; por ejemplo: normatividad, incentivos y políticas públicas. Para países desarrollados pueden dirigirse con un propósito recreativo o social, pero para países en desarrollo pueden dirigirse hacia la producción alimentaria con el objetivo de mejorar la economía familiar (Pearson, Pearson y Pearson, 2010).

Algunos autores coinciden en que los huertos urbanos no son una iniciativa que se encuentra comúnmente presente entre las estrategias que promuevan la sustentabilidad urbana, a pesar de que múltiples estudios han demostrado sus beneficios. Hough (2004) resalta que “la conexión entre los alimentos y la tierra que lo produce se ha vuelto cada vez más remota y no se contempla como un asunto que concierne directamente al bienestar urbano”. Pearson, Pearson y Pearson (2010), por su parte, coinciden en la falta de atención de estudios e investigaciones sobre agricultura y huertos urbanos, respecto de su uso como estrategia para la sustentabilidad urbana, ya que la literatura sobre urbanismo sustentable ignora en muchas ocasiones las oportunidades que la agricultura urbana brinda. Ejemplifica con iniciativas que se han implementado para mejorar la sustentabilidad urbana en ciudades de Estados Unidos en las que se menciona la importancia de las áreas verdes, pero no se hace referencia a la agricultura urbana ni a la producción de alimentos. Asimismo, menciona casos de manejo y control del uso de suelo para reducir las emisiones de carbono, donde omiten a la agricultura y los

huertos urbanos como estrategia para mitigar ese problema. Pearson, Pearson y Pearson (*op. cit.*) resaltan que no se menciona la contribución de la agricultura urbana dentro de las acciones para mejorar la salud de la población urbana.

Para concluir, se enumeran a partir de los casos anteriores algunas recomendaciones para la implementación de la agricultura urbana en ciudades de países en desarrollo:

- Identificar las problemáticas que pudieran resolverse a través de la implementación de la agricultura urbana, como existencia de zonas propensas a inundación o deslaves, disponibilidad de agua, pobreza alimentaria o problemas de salud debido al mal manejo de residuos, entre otros.
- Formular estrategias para adoptar esquemas de agricultura urbana para mitigarla o solucionarla.
- Identificar terrenos baldíos dentro del tejido urbano que pudieran utilizarse para este fin.
- Fomentar un cambio en la planeación del uso de suelo para agricultura urbana de forma permanente, a través de iniciativas sociales, políticas públicas, incentivos fiscales, etcétera.
- Crear fondos de apoyo económico, con el objetivo de brindar capacitación, compra de infraestructura apropiada, etc., que coadyuven a la implementación de los huertos urbanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aerts, R.; Achten, W. y V. Dewaelheyns (2016), "Potential Ecosystem Services of Urban Agriculture: A Review". *PeerJ Preprints*. Disponible en: <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.2286v1>.
- Aloysius, C. M. (2015), "Urban agriculture in Botswana". *Commonwealth Journal of Local Governance*, (18), 48-67. Disponible en: doi:<http://o-dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.5130/cjlg.voi18.4842>.
- American Planning Association (s/f), *La vegetación y la cubierta vegetal*. Disponible en: <https://www.planning.org/planificacion/2/5.htm>. Consultado: 27 de abril de 2018.
- Anguelovski, I. (2009), Construyendo resiliencia en comunidades vulnerables de Quito: Adaptando los sistemas locales de alimentos al cambio climático. *Agricultura Urbana*, 22, (1), 25-26. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_au_1-18/AU22/AU22.html.
- Banco Mundial (2018a), *Población urbana (% del total)*. Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>.
- (2018b), *Población urbana - México*. Disponible en: https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL?end=2018&locations=MX&most_recent_value_desc=false&start=1960&view=chart.
- Battersby, J. y V. Watson (2019), "Planning and the New Urban Agenda". *The Town Planning Review*, 90, (5), 497-518. Disponible en: doi:<http://o-dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.3828/tpr.2019.32>.
- Bausch, J. C. (2017), *Farming for what, for whom? Agriculture and Sustainability Governance in Mexico City*. Tesis doctoral. ProQuest Dissertations & Theses Global (1899927372). Disponible en: <http://o-search.proquest.com.millennium.itesm.mx/docview/1899927372?accountid=11643>.
- Bollinger, S. (2015), *Small Urban Agriculture Business in Havana, Cuba*. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SBo81_Urban_agriculture_Havana.JPG.
- Bundy, N. (2018), *Urban Agriculture: Food, Connection, Community Restoring Resilience in Phoenix, Arizona*. Tesis doctoral. ProQuest Dissertations & Theses Global. Disponible en: <http://o-search.proquest.com.millennium.itesm.mx/docview/2112289872?accountid=11643>.
- Cano, E. (2015), "Huertos familiares: un camino hacia la soberanía alimentaria". *Pueblos y Fronteras*, 10, (20), 70-91. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-41152015000200070.
- Chagomoka, T.; Drescher, A.; Glaser, R.; Marschner, B.; Schlesinger, J. y G. Nyandoro (2017), "Contribution of Urban and Periurban Agriculture to Household Food and Nutrition Security along the Urban-Rural Continuum in Ouagadougou, Burkina Faso". *Renewable Agriculture and Food Systems*, 32, (1), 5-20. doi:<http://o-dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.1017/S1742170515000484>.
- Chávez, G. (2019), "La tecnología que hizo verde al Periférico y fue premiada por el WEF". *Obras*

- Web. Disponible en: <https://obrasweb.mx/infraestructura/2019/07/08/la-tecnologia-que-hizo-verde-al-periferico-y-fue-premiada-por-el-wef>.
- Choudhury, T. R. (2019), *Urbanization, Climate Change and Food Security in the East Kolkata wetlands* (Order No. 13903470). Available from ProQuest One Academic. (2277564047). Disponible en: <http://o-search.proquest.com.millennium.itesm.mx/docview/2277564047?accountid=11643>.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2019), *10 años de medición de pobreza en México, avances y retos en política social*. Disponible en: https://www.CONEVAL.org.mx/SalaPrensa/Comunicados-prensa/Documents/2019/COMUNICADO_10_MEDICION_POBREZA_2008_2018.pdf.
- Cuvi, N. (2015), “Un análisis de la resiliencia en Quito, 1980-2015”. *Bitácora Urbano Territorial*, 25, (2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=748/74846550005>.
- Deelstra, T. y H. Girardet, (1990), *Urban Agriculture and Sustainable Cities*. Thematic Paper, 002 p 0043.43-65. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/284992045_Urban_agriculture_and_sustainable_cities.
- Degenhart, B. (2016), “La agricultura urbana: Un fenómeno global”. *Nueva Sociedad*, (262), 1-11. Disponible en: <http://o-search.proquest.com.millennium.itesm.mx/docview/1788718976?accountid=11643>.
- Desmond, D.; Grieshop, J. y A. Subramaniam (2004), *Revisiting Garden-based Learning in Basic Education*. Roma, Italia: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-aj462e.pdf>.
- Dubelling, M.; Caton, M.; Hoekstra, F. y R. van Veenhuizen (2009), “Construyendo ciudades resilientes”. *Agricultura Urbana*, 22, (1), 3-11. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_au_1-18/AU22/AU22.html.
- Fernandez, N. (2012), Huertos urbanos en Málaga como alternativa sostenible a los solares en desuso. *Foro Greencities y Sostenibilidad*. Málaga, España. Disponible en: http://aulagreencities.coamalaga.es/wp-content/uploads/2013/12/19.-Greencities2012-Comunicaciones_Nieves-Fern%C3%A1ndez-Huertos-urbanos.pdf.
- Fondo de Población de las Naciones Unidas (2007), *State of the World Population: Unleashing the Potential of Urban Growth*, UN Population Fund, New York. Disponible en: <https://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2007>.
- Global Humanitaria (2005), Huerto en escuela Tangareal en Colombia. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/globalhumanitaria/22727011867/in/photostream>.
- González D. y J. Véliz (2016) “Resiliencia urbana y ambiente térmico en la vivienda”. *Arquitectura y Urbanismo*, 37, (2), 63-73. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jats-Repo/3768/376846860005/html/index.html>.
- Gragg, R. S.; Anandhi, A.; Jiru, M. y K. M. Usher (2018), “A conceptualization of the Urban Food-energy-water Nexus Sustainability Paradigm: Modeling from Theory to Practice”. *Frontiers in Environmental Science*. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00133>.
- Hermi, M. (2011), “Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual”. *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, (944). Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm>.
- Hernández, L. (2006), La agricultura urbana y caracterización de sus sistemas productivos y sociales, como vía para la seguridad alimentaria en nuestras ciudades. *Cultivos Tropicales*, 27, (2), 13-25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1932/193215872002>.
- Hough, M. (2004), *Naturaleza y ciudad: Planificación urbana y procesos ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Houman, B. y B. Moez (2009), “Optimización del uso del agua para la agricultura urbana: Respondiendo al desafío de la creciente escasez hídrica en Túnez”. *Agricultura Urbana*, 22, (1), 48. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_au_1-18/AU22/AU22.html.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2018), *Principales causas de mortalidad por residencia habitual, grupos de edad y sexo del fallecido*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/registros/vitales/mortalidad/tabulados/ConsultaMortalidad.asp>.
- Ley de Huertos Urbanos en la Ciudad de México (2017), *Gaceta Oficial de la Ciudad de México*, 16 de febrero. Disponible en: <http://www.paot>.

- org.mx/centro/leyes/df/pdf/2018/LEY_HUERTOS_URBANOS_CDMX_16_02_2017.pdf.
- Lanzarotti, C.; Ferreira, R. y V. dos Santos (2009), “La agricultura urbana en la resocialización de personas sin hogar: Una experiencia en Juiz de Fora, Brasil”. *Agricultura Urbana*, 22, (1), 32-33. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_au_1-18/AU22/AU22.html.
- Linares, A. (2012), Huerto Romita. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Huerto-Romita03.JPG>.
- Mateus, L. (2016), “La agroecología como opción política para la paz en Colombia”. *Ciencia Política*, 11, (21). Disponible en: <http://o-search.proquest.com/millennium.itesm.mx/docview/1837594031?accountid=11643>.
- Mc. Michael, A. (2000), “The Urban Environment and Health in a World of Increasing Globalization: Issues for Developing Countries”. *Bulletin of the World Health Organization*, 78, (9), 1117-1126.
- Morán, N y A. Aja (2011), “Historia de los huertos urbanos. De los huertos para pobres a los programas de agricultura urbana ecológica”. *Universidad Politécnica de Madrid*. Disponible en: http://oa.upm.es/12201/1/INVE_MEM_2011_96634.pdf.
- Mougeot, L. (2006), *Growing Better Cities: Urban Agriculture for Sustainable Development*. Ottawa: International Development Research Centre. Disponible en: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/30554/IDL-30554.pdf?sequence=12&isAllowed=y>.
- (2008), *Urban Agriculture: Definition, Presence, Potentials and Risks*. Disponible en: www.trabajopopular.org.ar/material/Theme1.pdf.
- Nacif, N. (2016), “Diseño de indicadores urbanos de sustentabilidad. El caso del gran San Juan en Argentina”. *Urbano*, 19, (34), 6-15. Disponible en: <https://doi.org/10.22320/07183607.2016.19.34.1>.
- Hammerling Navas Navarro, F. y L. Mila Peña Torres (2012), Los diseños verticales y la agricultura unidos para la producción de alimentos en los módulos para huertas urbanas verticales. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3, (2), 73-84. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/21456453.962>.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres-UNISDR (2009), Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf.
- Olivier, D. y L. Heineken (2017), “The Personal and Social Benefits of Urban Agriculture Experienced by Cultivators on the Cape Flats”. *Development South Africa*, 34, (2), 168-181. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0376835X.2016.1259988?journalCode=cdsaz0>.
- Organización de las Naciones Unidas ONU (2014), *Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo*. Disponible en: <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>.
- (2018), *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Disponible en: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>.
- (2019), La Agenda de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2005), “Los efectos positivos de las huertas familiares sobre la salud de la familia y los medios de vida sostenibles”. *Los medios de vida crecen en los huertos*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y5112s/y5112s04.htm>.
- (2012) *Growing Greener Cities in Africa. First Status Report on Urban and Peri-urban Horticulture in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i3002e/i3002e.pdf>.
- (2015) *Agricultura urbana y periurbana en América Latina y el Caribe – Ciudad de México*. Disponible en: http://www.fao.org/ag/agp/greenercities/es/CMVALC/ciudad_de_mexico.html.
- (2020) Agenda de la alimentación urbana. Disponible en: <http://www.fao.org/urban-food-agenda/es/>
- Pearson, L.; Pearson, L. y C. Pearson (2010), “Sustainable Urban Agriculture: Stocktake and Opportunities”. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8, (1&2), 7-19. Disponible en: [doi:10.3763/ijas.2009.0468](https://doi.org/10.3763/ijas.2009.0468).
- Philander, F. y A. Karriem (2016), “Assessment of Urban Agriculture as a Livelihood Strategy for Household Food Security: An Appraisal of Ur-

- ban Gardens in Langa, Cape Town”. *International Journal of Arts & Sciences*, 9, (1), 327-338. Disponible en: <http://o-search.proquest.com.millennium.itesm.mx/docview/1798985165?accountid=11643>.
- Portney, K. E. (2015), *Sustainability*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Disponible en: <http://o-search.ebscohost.com.millennium.itesm.mx/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=1100625&site=eds-live>.
- Santandreu, A.; Gómez, A.; Terrile, R. y M. Ponce (2009), “Agricultura urbana en Montevideo y Rosario: ¿Una respuesta a la crisis o un componente estable del paisaje urbano?”. *Agricultura Urbana*, 22, (1), 12-13. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_au_1-18/AU22/AU22.html.
- Smit J.; Ratta, A. y J. Nasr (1996) *Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities*. Publication Series for Habitat II, 1. New York: United Nations Development Program (UNDP).
- Reynolds, K. y N. Cohen (2016), *Beyond the Kale: Urban Agriculture and Social Justice Activism in New York City*. Athens, Georgia: University of Georgia Press. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=1259361&site=ehost-live>.
- Ribeiro, J. y M. Quintino (2009), “Promoviendo el acceso a alimentos en Contagem, Brasil”. *Agricultura Urbana*, 22, (1), 15-16. Disponible en: http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_au_1-18/AU22/AU22.html.
- Rodríguez, B.; Tello, E. y S. Aguilar (2012), “Huerto escolar: estrategia educativa para la vida”. *Ra Ximhai*, 9, (1), 25-32. Universidad Autónoma Indígena de México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT (2019), *Busca SEMARNAT introducir la agroecología en las ciudades como un nuevo modelo de sustentabilidad*. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/busca-semarnat-introducir-la-agroecologia-en-las-ciudades-como-un-nuevo-modelo-de-sustentabilidad?idiom=es>.
- Tasciotti, L. y N. Wagner (2015), “Urban Agriculture and Dietary Diversity: Empirical Evidence from Tanzania”. *The European Journal of Development Research*, 27, (5), 631-649. Disponible en: [doi:http://dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.1057/ejdr.2014.38](http://dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.1057/ejdr.2014.38).
- Tomkins, M.; Yousef, S.; Adam-bradford, A.; Perkins, C.; Grosrenaud, E.; Mctough, M. y A. Viljoen (2019), “Cultivating Refuge: The Role of Urban Agriculture amongst Refugees and Forced Migrants in the Kurdistan Region of Iraq”. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 14, (2), 103-118. Disponible en: [doi:http://dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.2495/DNE-V14-N2-103-118](http://dx.doi.org.millennium.itesm.mx/10.2495/DNE-V14-N2-103-118).
- Vasconcelos, N. (2014), “Arquitectura contra el hambre”. *Obras Web*. Disponible en: <http://obrasweb.mx/arquitectura/2014/11/13/arquitectura-contra-el-hambre>. Consultado: 28 de abril de 2018.
- Veenhuizen, R. van y G. Danso (2007), Profitability and Sustainability of Urban and Peri-urban Agriculture. *FAO Agricultural Management, Marketing and Finance*. Occasional Paper núm. 19. Roma: FAO.
- Villace, B.; Labajos, L.; Aceituno, L.; Morales, R. y R. Pardo (2014), “La naturaleza cercana: Huertos urbanos madrileños”. *Ambienta, Agricultura familiar y huertos urbanos*, 107.
- Viso, N. del; Fernández Casadevante, J. L. y N. Morán, (2017), “Cultivando relaciones sociales. Lo común y lo ‘comunitario’ a través de la experiencia de dos huertos urbanos de Madrid”. *Revista de Antropología Social*, 26, (2), 473-481. <https://doi.org/10.5209/RASO.57614>. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/RASO/article/view/57614>.
- Zaar, M. (2011), “Agricultura urbana: algunas reflexiones sobre su origen e importancia actual”. *Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*, 15, (944). Universidad de Barcelona. Disponible en: <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-944.htm>.
- Zeeuw, H. de; Veenhuizen, R. van y M. Dubbeling (2011), “The Role of Urban Agriculture in Building Resilient Cities in Developing Countries”. *The Journal of Agricultural Science*, 149, 153-163. Disponible en: <https://www.ruaf.org/sites/default/files/UK%20Foresight%20-The%20role%20of%20urban%20agriculture%20in%20building%20resilient%20cities%20in%20developing%20countries.pdf>.
- Zeza, A. y L. Tasciotti (2010), “Urban Agriculture, Poverty, and Food Security: Empirical Evidence from a Sample of Developing Countries”. *Food*

Policy, 35, (4), 265–273. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.04.007>.
Zuñiga, L. (2018), “Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo urbano equilibrado”. *Arquitectu-*

ra y Urbanismo, 39, (1), 39–50. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=128202242&site=e-host-live>.

Efecto de las tecnologías de bajo impacto en el tratamiento del agua de escorrentía urbana

Effect of low-impact development practices on the treatment of urban runoff

GABRIELA ALEJANDRA VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

<https://orcid.org/0000-0001-8351-8451> / g.a.vazquezr@gmail.com

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

JOYCE EDITH ORTIZ HERNÁNDEZ

joycedith.ortizh@gmail.com

Iztépetl Ciencias de la Tierra y Afines S.C.

LILIANA GUADALUPE LIZÁRRAGA MENDIOLA

<https://orcid.org/0000-0001-6320-8923> / mendiola@uaeh.edu.mx

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Recepción: 3 de marzo de 2020. Aceptación: 11 de junio de 2020

RESUMEN

Se evaluó el impacto de una celda de biorretención en el tratamiento de agua de escorrentía urbana (AEU). La celda se construyó con la siguiente estratificación de materiales (desde la base): 20% de grava, 40% de gravilla, hidrogel, 40% clinoptilolita, y plantas suculentas como cobertura. Se alimentó con AEU real durante 24 horas a velocidad constante para simular 3.9 mm de precipitación. Se tomaron muestras a la entrada y a la salida de la celda, para analizar DQO, N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , PO_4^{3-} (totales y disueltos), cuenta de *Escherichia coli* y diversos metales (Al, Fe, Cu, Mn, Pb, Zn, Cr, Cd y Ni). Para evaluar el efecto de la celda en la calidad del agua, se propuso un índice que se calculó para el AEU antes y después de recibir el tratamiento. El sistema removió varios de los contaminantes evaluados: DQO (28.5%), N-NH_4^+ (84.3%), N-NO_3^- (49.4%), PO_4^{3-} totales (94.8%), y PO_4^{3-} disueltos (86.2%). Los metales se eliminaron con eficiencias com-

prendidas entre 90% y 99%, a excepción del Ni (58.7%), mientras que *E. coli* se removió al 100%. El índice de calidad calculado para el agua tratada fue considerablemente menor al índice del AEU de entrada, lo que muestra que la celda mejoró la calidad del agua.

Palabras clave: contaminación difusa, biorretención, calidad del agua, climas xéricos

ABSTRACT

The impact of a bioretention cell on the urban runoff (UR) quality was evaluated. The cell was constructed with the following stratification of materials (from the base): 20% coarse gravel, 40% gravel, hydrogel, 40% clinoptilolite, and succulent plants as cover. It was fed with real UR for 24 hours at constant speed to simulate 3.9 mm of precipitation. Samples were taken at the inlet and outlet of the cell, which were analyzed in terms of COD, N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- , PO_4^{3-} (total and



dissolved), *Escherichia coli* density and various metals (Al, Fe, Cu, Mn, Pb, Zn, Cr, Cd and Ni) according to standard methods. To assess the effect of the cell on water quality, we proposed an index that we calculated for the AEU before and after receiving the treatment. The system removed several of the pollutants evaluated: COD (28.5%), N-NH_4^+ (84.3%), N-NO_3^- (49.4%), total PO_4^{3-} (94.8%), and dissolved PO_4^{3-} (86.2%). The metals were removed with efficiencies between 90 and 99%, with the exception of Ni (58.7%), while *E. coli* was completely removed. The index calculated for the water treated in the cell was considerably lower than the index calculated for the inlet AEU, which shows the bioretention effect on water quality.

Key words: nonpoint pollution, bioretention, water quality, xeric climates

INTRODUCCIÓN

LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

La contaminación difusa, de origen tanto urbano como rural, es un factor importante de afectación a los cuerpos de agua en todo el mundo, y representa uno de los mayores retos a que se enfrenta la gestión integral del agua. Por ejemplo, la Agencia Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, su sigla en inglés) identifica la contaminación difusa como el mayor problema referente a la calidad del agua a que se enfrenta ese país (USEPA, 1996). A diferencia de la contaminación puntual, cuyo generador puede identificarse puesto que existe un punto de descarga directa, la contaminación difusa llega a los cuerpos receptores indirectamente, después de haber pasado por otros medios. En la Agenda 21, establecida por la ONU para encaminar a los países miembros al desarrollo sostenible, se insta a los Estados y organizaciones a combatir la contaminación difusa a través de la determinación y la aplicación de las mejores prácticas ambientales (ONU, 1992). En México, la Agenda 2030¹ plantea la necesidad de “desarrollar una normatividad específica para la evaluación, monitoreo y control de la contaminación difusa” (CNA, 2010).

La contaminación difusa urbana atrae particularmente la atención, debido a que la urbanización acelerada amenaza cada vez más la calidad y la disponibilidad de los recursos acuáticos a escalas local y regional. Una manera en que las ciudades producen contaminación difusa es a través del agua de escorrentía urbana (AEU). Se ha demostrado que, luego de la descarga de escorrentía proveniente de autopistas, disminuyen la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados y los índices bióticos de los cuerpos acuáticos receptores (Ellis y Mitchell, 2006). Incluso, se ha registrado que la descarga de AEU que resulta de un evento importante de lluvia puede afectar un cuerpo receptor varias veces más que una descarga sanitaria ordinaria (Taebi y Droste, 2004).

Las actividades antropogénicas derivadas de la urbanización generan una variedad de contaminantes físicos, químicos y biológicos, que se transportan a través de las aguas residuales o el AEU. Las primeras vehiculan compuestos orgánicos que ejercen demanda de oxígeno, diversas formas de nitrógeno y bacterias fecales, entre otros, mientras que el AEU tiene como huella distintiva menores concentraciones de estos contaminantes, pero mayores de otros asociados al parque vehicular, tales como hidrocarburos y metales pesados.

TIPOS DE CONTAMINANTES PRESENTES EN EL AEU

Los contaminantes pueden ser inorgánicos (por ejemplo, metales pesados y nutrientes) u orgánicos (como hidrocarburos policíclicos aromáticos y fenoles provenientes del desgaste de pavimentos asfálticos, que suelen ser predominantes en casi cualquier ciudad). Se han realizado numerosas investigaciones para evaluar las concentraciones de metales pesados y otros contaminantes en AEU, algunas de las cuales se han enfocado

1. Documento rector publicado por la Comisión Nacional del Agua en 2011 para diseñar el futuro cercano de la

administración sustentable de los recursos hídricos del país.

en la contaminación difusa que representan los escurrimientos de estacionamientos (Kim *et al.*, 2007), gasolineras (Mijangos, Wakida y Temores, 2010), carreteras (Hwang y Weng, 2015) y tejados (Vijayaraghavan y Joshi, 2014). Se ha encontrado que el primer lavado con agua de escorrentía (conocido como *first flush*) contiene una mayor concentración de contaminantes (Czemiel-Berntsson, 2014).

En los siguientes párrafos se presentan los principales contaminantes del AEU, sus fuentes más comunes y algunos de sus efectos negativos (Tsihrintzis y Hamid, 1997). Para una revisión completa de los contaminantes frecuentes en el AEU y de sus concentraciones, referirse a Ortiz-Hernández *et al.* (2013).

- **Sólidos suspendidos:** El polvo de la calle y las fracciones arrancadas al suelo pueden hacer que el agua sea turbia. En los arroyos, estas partículas pueden dificultar la fotosíntesis natural, depositarse en el fondo y ahí perturbar el hábitat de numerosas especies. Además, estas partículas, en especial las de menor tamaño, representan el vehículo de contaminantes hidrófobos (como los hidrocarburos o ciertos metales pesados) que tienden a adherirse a ellas.
- **Metales pesados:** Los vehículos de motor son una fuente importante de contaminación por metales. La concentración de metales pesados en la escorrentía de las aguas pluviales es uno a dos órdenes de magnitud mayor que en aguas residuales sanitarias. Los usos de suelo industrial y comercial son los mayores contribuyentes de metales pesados a la escorrentía. El plomo y el cobre están predominantemente asociados con las partículas y su perfil de concentración sigue en gran medida al de los sólidos en suspensión, mientras que otros metales se asocian preferentemente con la fase disuelta. Aunque solo menos del 5% de los depósitos relacionados con el tráfico en la escorrentía provienen de vehículos, este porcentaje contiene los contaminantes más tóxicos. Las fuentes de algunos metales pesados incluyen el uso de combustibles y el

desgaste del chapado, los cojinetes, las guarniciones de frenos y otras partes móviles de los vehículos.

- **Otros componentes:** En la escorrentía de calles, estacionamientos y autopistas también son frecuentes aceites, grasas y otros hidrocarburos. Estos derivados del petróleo se liberan al medio ambiente en proporciones relacionadas con la urbanización y el desarrollo circundante. Los hidrocarburos emitidos por los sistemas de escape de vehículos suspendidos en la atmósfera son limpiados por la lluvia y forman parte de la escorrentía. Las partículas de escape de automóviles y los aceites lubricantes son los principales contribuyentes a la acumulación de hidrocarburos (Tsihrintzis y Hamid, 1997).

LAS TECNOLOGÍAS LID: CELDAS DE BIORRETENCIÓN

Las tecnologías LID (por las iniciales de *low-impact development*) son técnicas de construcción sostenible que se aplican desde hace algunas décadas para contener, cerca de su origen, a los contaminantes generados en las ciudades y transportados por el agua de escorrentía urbana (AEU). Al construir infraestructura descentralizada y que facilite la infiltración del AEU se impide que la contaminación difusa urbana alcance otros cuerpos acuáticos y los afecte. Al mismo tiempo, esta infraestructura disminuye los caudales pico que se producen tras un evento de precipitación, y contribuye a mantener la recarga de acuíferos. Por consiguiente, se la considera una estrategia prometedora para el manejo del agua de escorrentía urbana, la prevención de contaminación y la mejora de ecosistemas urbanos (Baek *et al.*, 2015).

Las tecnologías LID constituyen un enfoque sustentable para la gestión de la escorrentía urbana que busca preservar la hidrología pre-desarrollo de un sitio dado utilizando medidas descentralizadas de control a microescala (Baek *et al.*, 2015). Las tecnologías LID integran los principios de conservación de biodiversidad y de espacios verdes, de almacenamiento de agua, recarga de acuíferos y mejora de la calidad del agua de modo

integral (Mihelcic y Zimmerman, 2012). Aunque estas tecnologías han demostrado disminuir los caudales de escorrentías urbanas mediante la recuperación de la capacidad de infiltración y evapotranspiración de las superficies edificadas, su efecto en la calidad del agua ha sido menos estudiado. Entre las tecnologías LID más comunes se encuentran las celdas de biorretención, las azoteas verdes y los pavimentos permeables.

En el diseño urbano tradicional abundan las superficies planas con nula o mínima capacidad para retener agua; en contraste, las celdas de biorretención, también llamadas “jardines de lluvia”, ayudan al restablecimiento de la infiltración al suelo y a la posterior descontaminación del agua, que son procesos naturales que las superficies impermeables impiden (Ortiz-Hernández, 2016). Los tanques de biorretención se valen de plantas nativas (que también contribuyen con la evapotranspiración del agua) y de la red natural de drenaje para que los cauces y depresiones del terreno recuperen su capacidad de almacenar temporalmente el agua de lluvia. Al retener el agua cierto tiempo, hacen posible que los contaminantes orgánicos se degraden por la acción de los microorganismos nativos del suelo. Estos tanques contribuyen también a disminuir las concentraciones de nutrientes, que actúan como fertilizantes de las plantas que los asimilan, y de esta manera se evita que los nutrientes alcancen cuerpos acuáticos y afecten su calidad. Asimismo, ciertos contaminantes, como los metales pesados, pueden eliminarse del AEU al adsorberse a las partículas de suelo o a las raíces de las plantas (Ahiablame *et al.*, 2012).

El manejo del AEU era hasta hace poco tiempo un tema de escasa importancia en las ciudades ubicadas en climas xéricos.² Aun ahora, la percepción general es que en estas zonas las lluvias

son eventos raros y por lo general bienvenidos, aun cuando propicien escorrentías abundantes. En consecuencia, existen escasas guías de diseño de celdas de biorretención adaptadas a estos climas. En México, el 63% del territorio nacional sufre de algún grado de aridez, y en esta superficie habita el 41% de la población (Díaz-Padilla *et al.*, 2011). La aplicación de estos sistemas LID en nuestro país requiere adaptarlos a las características de los climas xéricos, en particular en lo referente a la cobertura vegetal, la cual tendrá que adaptarse para sobrevivir sin riego constante.

LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA COMO HERRAMIENTA DE GESTIÓN

Los índices de calidad del agua (ICA; en inglés WQI, de *Water Quality Index*) fueron propuestos por primera vez en 1965 por R. K. Horton, como herramienta de evaluación, y en general para la gestión, de los recursos hídricos (Rivera *et al.*, 2019). Los ICA permiten identificar tendencias integradas de cambios en la calidad del agua, entendida como el conjunto de indicadores que dan cuenta de la idoneidad del agua para determinado propósito, y que además considera la relación concentración-impacto de cada indicador a través de la asignación de un peso específico (*Wi*). Entre las ventajas de los ICA se encuentra que sintetizan la información proporcionada por numerosos parámetros en términos simples (*i.e.*, calidad excelente, buena, mala, etcétera), lo que mejora la comunicación de los resultados de monitoreo a administradores y al público en general. También permiten que la información recopilada se utilice en decisiones de gestión y se pueda comparar el estado del recurso en diferentes áreas geográficas. Algunas de sus limitaciones incluyen que pueden resultar demasiado resumidos a personas con experiencia en manejo de calidad del agua; que pueden ser subjetivos y sesgados, y que suelen adaptarse demasiado a condiciones y problemáticas particulares (Rodríguez, Serna y Sánchez, 2016).

Entre los diferentes ICA que se han desarrollado, se destaca el propuesto por la National Sanitation Foundation en 1970 para ríos de los

2. Las regiones xéricas o limitadas en agua se caracterizan por cantidades anuales de lluvia reducidas y por extensos períodos con escasas o nulas precipitaciones. Incluyen tanto las zonas áridas (con lluvias anuales inferiores a los 250 mm) y semiáridas (con precipitaciones comprendidas entre 250 y 500 mm), como las secas subhúmedas (que reciben entre 500 y 1,200 mm de lluvias anuales concentradas en una o dos estaciones) (D'Odorico, Porporato y Runyan, 2006).

Estados Unidos de Norteamérica, y que se ha empleado internacionalmente (Sánchez *et al.*, 2016). A principios de la década de 1970, en México se desarrolló un ICA basado en la evaluación de dieciocho parámetros (en orden decreciente de W_i : demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), oxígeno disuelto, coliformes fecales, coliformes totales, sustancias activas al azul de metileno, $N-NO_3^-$, conductividad eléctrica, fosfatos totales, grasas y aceites, $N-NH_4^+$, alcalinidad, color, dureza total, pH, sólidos suspendidos totales (SST), Cl, sólidos disueltos totales, y turbidez), que permitía comparar la contaminación en diferentes cuerpos de agua (Sánchez *et al.*, 2016). Este índice, que sigue vigente, tiene una escala del 100% (agua con excelente calidad) al 0% (agua muy contaminada). Sin embargo, para “considerar la mayoría de las condiciones de las estaciones de medición de la Red Nacional de Monitoreo”, CONAGUA ha empleado desde 2007 solamente un número reducido de parámetros (DBO_5 , demanda química de oxígeno (DQO) y SST) como indicadores de contaminación en aguas superficiales, que publica anualmente en las Estadísticas del Agua en México (EAM). En 2017 se añadió el conteo de coliformes fecales, cuyo monitoreo apareció publicado por primera vez en las EAM de 2018. Para aguas subterráneas el único parámetro considerado en las EAM sigue siendo la concentración de los sólidos disueltos totales (CNA, 2018).

A escala internacional, los ICA se han empleado escasamente para evaluar las escorrentías urbanas. Sin embargo, representan una herramienta interesante que permitiría comparar las calidades del AEU generada en diferentes ciudades. Asimismo, su empleo podría facilitar el análisis del desempeño de los sistemas de tratamiento, en particular si se evalúa un número significativo de parámetros.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de una celda de biorretención diseñada para climas xéricos en la calidad del AEU, a través del cálculo de un índice que agrupara variables relevantes tanto para la salud humana como para los cuerpos acuáticos receptores. Para el diseño del índice de calidad del agua se consi-

deraron variables tales como materia orgánica, nutrientes, varios metales y la cuenta de coliformes fecales como indicador bacteriano.

METODOLOGÍA

CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE BIORRETENCIÓN

Se construyó una celda en un tanque de plástico (con 40.8 L de volumen útil y 1,632 cm² de área superficial) de 34 cm (ancho) x 48 cm (largo) x 25 cm (altura). El tanque se perforó en la base con un orificio para canalizar el AEU tratada. Luego se rellenó con capas sucesivas de los siguientes materiales (desde la base): grava (20% del volumen total), gravilla pómez (40%) y clinoptilolita cálcica (40%). Entre la gravilla y la clinoptilolita se colocó una capa de hidrogel hidratado para garantizar que la cobertura vegetal tuviera un cierto aporte de humedad incluso en ausencia de lluvias, puesto que no se suministró riego. Las características de los materiales filtrantes se muestran en el cuadro 1.

En virtud de la probada resistencia de las plantas suculentas al estrés hídrico, se decidió emplearlas como cobertura vegetal. Se colocaron: *Agave americana*, *Agave sp.*, *Aloe sp.*, *Crassula perforata*, *Cylindropuntia imbricata*, *Echeveria sp.*, *Gasteria sp.*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia senilis*, *Sedum sp.*, *Stenocereus dumortieri*, *Stenocereus peruvianus monstruoso*, y *Tradescantia sp.* (Ortiz-Hernández *et al.*, 2015). La celda se mantuvo al aire libre y a sol directo en las instalaciones del campus Ciudad del Conocimiento, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, que está situado en Pachuca, Hidalgo. La ciudad tiene un clima semiárido, con una temperatura media anual de 14°C y precipitaciones de 412 mm; ambos valores corresponden al período 1971-2000 (SMN, 2018).

CUADRO 1

Descripción de los materiales filtrantes

Material	Características
Capa decorativa (mármol)	$d_{max} = 23 \text{ mm}$
Zeolita (clinoptilolita cálcica)	$d_{max} = 5 \text{ mm}$ CIC = 367.6 meq/100 g
Hidrogel	80 g _w /g
Gravilla pómez	$d_{max} = 13 \text{ mm}$
Grava	$d_{max} = 15 \text{ mm}$

d_{max} : diámetro máximo de las partículas de material.

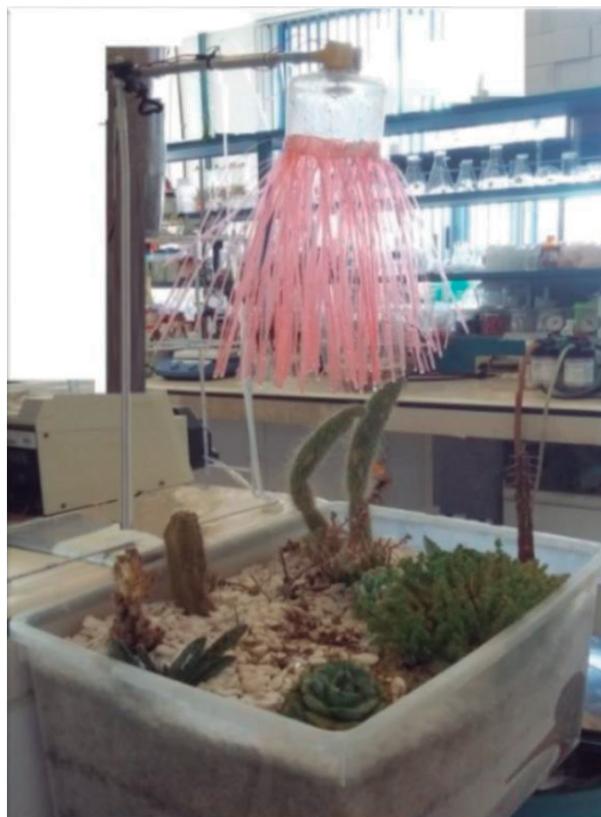
CIC: Capacidad de intercambio catiónico.

g_w/g: gramos de material hidratado por gramo de hidrogel seco

Para la simulación de un evento pluvial, se tomó una muestra compuesta de AEU tomada de los drenes pluviales del campus de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, la cual permaneció en refrigeración a 4°C hasta su adición al sistema. Mediante una bomba peristáltica y un rociador, el AEU se alimentó a la celda durante 24 horas a velocidad constante para simular 3.9 mm de precipitación (figura 1). Este valor equivale a la precipitación promedio en época de estiaje para un día en el periodo 1971-2000 en la ciudad de Pachuca, Hidalgo (SMN, 2018). Se tomaron muestras a la entrada y a la salida de la celda; las muestras de salida se tomaron luego de comprobar que no había más percolación del AEU.

FIGURA 1

Simulación de eventos pluviales en la celda de biorretención



A menos que se indique otra técnica, las muestras se analizaron según los métodos estándar (APHA, 2012). Se analizó la demanda química de oxígeno (DQO; método 5220D), N-NH₄⁺ (método 4500-NH₃ D), N-NO₂⁻ (método 4500-NO₂⁻), N-NO₃⁻ (Mubarak *et al.*, 1977) y PO₄³⁻ (totales, PO₄³⁻_T y disueltos, PO₄³⁻_D; método 4500-PF). Asimismo, se analizaron las concentraciones totales de diversos metales (Al, Fe, Cu, Mn, Pb, Zn, Cr, Cd y Ni), mediante un espectrómetro de absorción atómica SpectrAA (Varian 880, E.U.A.). Para ello, las muestras se digestaron previamente en un horno de microondas Mars X (E.U.A.).

La cuenta de *E. coli* se determinó utilizando un medio de agar m-FC (Fluka Analytical®, Sigma-Aldrich). Las cajas de Petri con el medio solidificado, en las que luego se extendieron diluciones decimales de las muestras, se incubaron 24 horas a 45°C. La densidad microbiana se expresó

en log de unidades formadoras de colonias (UFC) por mL.

DISEÑO Y CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AEU

La metodología se basó en el cálculo aritmético de un índice (ICA) que pondera diferentes indicadores de calidad según una percepción subjetiva de su importancia. Los valores menores del ICA señalan una mejor calidad del agua; es decir, menores desviaciones con respecto a un valor recomendado, un estándar o, en el caso de la legislación mexicana, un límite máximo permisible (LMP).

Se consideraron cinco grupos de variables principales: carbono orgánico (DQO), contaminantes nitrogenados (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻), fosfatos (PO₄³⁻_T y PO₄³⁻_D), metales (Al, Fe, Cu, Mn, Pb, Zn, Cr, Cd y Ni) y un indicador microbiológico (*E. coli*). El cuadro 2 muestra las variables consideradas y el peso asignado a cada una de ellas (w_i), que refleja su importancia relativa en la calidad global del agua; el peso de 5 se asigna a las variables de mayor impacto y el de 1, a las de menor impacto. Los pesos intermedios (entre 2 y 4) se asignaron a las variables según una percepción subjetiva de su importancia en la salud humana y de los ecosistemas. El peso relativo (W_i) de cada variable también se muestra en el cuadro 2, y se calculó según la ecuación 1:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=0}^n w_i} W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=0}^n w_i} \quad (1)$$

donde W_i es el peso relativo de la variable i, w_i es el peso asignado a cada variable, y n es el número total de variables consideradas. Cada variable se ponderó mediante el valor de q_i, que se calculó dividiendo el valor de cada variable en las muestras de AEU (V_i) por su respectivo estándar S_i, según la ecuación 2:

$$q_i = \frac{V_i}{S_i} \cdot 100 q_i = \frac{V_i}{S_i} \cdot 100 \quad (2)$$

CUADRO 2

Variables, pesos (w_i), pesos relativos (W_i) y valores estándar (S_i) considerados para el cálculo del índice de calidad del AEU

Variable	Peso (w _i)	Peso relativo (W _i)	S _i
dqo	1	0.026	40
N-NH ₄ ⁺ [mg/L]	2	0.053	0.5
N-NO ₂ ⁻ [mg/L]	2	0.053	1
N-NO ₃ ⁻ [mg/L]	2	0.053	10
PO ₄ ³⁻ _T [mg/L]	1	0.026	0.2
PO ₄ ³⁻ _D [mg/L]	1	0.026	0.2
Al [mg/L]	3	0.079	0.2
Fe [mg/L]	2	0.053	0.3
Cu [mg/L]	2	0.053	2
Mn [mg/L]	3	0.079	0.15
Pb [mg/L]	4	0.105	0.01
Zn [mg/L]	2	0.053	5
Cr [mg/L]	4	0.105	0.05
Cd [mg/L]	5	0.132	0.005
Ni [mg/L]	4	0.105	0.07
<i>E. coli</i> [Log UFC/mL] ^a	Agua inadecuada		0
	Σ w _i = 38	Σ W _i = 1	

^a Para evitar la división por cero, si *E. coli* se encuentra en el AEU, esta se considera directamente inadecuada para su uso en abastecimiento.

Los estándares S_i de los contaminantes nitrogenados, los metales y del indicador microbiológico, están considerado como LMP para agua potable en la modificación a la NOM-127-SSA1-1997 (NOM, 2000), a excepción del Ni. Para este metal, consideramos el estándar establecido por la OMS (WHO, 2011). El carbono orgánico y los fosfatos no están contenidos en las normas para agua potable; por consiguiente, consideramos como valores de referencia los criterios de calidad del agua para estimar eutrofización (Yang *et al.*, 2008). El ICA se calculó mediante la ecuación 3:

$$ICA = \sum_{i=0}^n W_i \cdot q_i ICA = \sum_{i=0}^n W_i \cdot q_i \quad (3)$$

A la concentración de *E. coli*, que no debe estar presente en agua de abastecimiento (*i.e.*, S_i = 0), no se le asignó peso para evitar la división por cero. Sin embargo, si este indicador se encuentra

presente en el agua, esta se considera directamente “inadecuada para abastecimiento”. Los valores del ICA se clasificaron en cinco categorías, como indica el cuadro 3 (Rivera *et al.*, 2019).

CUADRO 3

Tipos de agua según la magnitud del ICA

ICA	Tipo de agua
< 50	Excelente calidad
50 – 100	Buena calidad
101 – 200	Calidad mediocre
201 – 300	Muy mala calidad
> 300	De uso restringido

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AEU INICIAL

Los resultados de la evaluación de la calidad del AEU en términos de materia orgánica (DQO), nutrientes (N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻, PO₄³⁻_T y PO₄³⁻_D) y el indicador microbiológico (*E. coli*) se recopilan en el cuadro 4, mientras que los valores correspondientes a los metales se presentan en el cuadro 5. En cada cuadro se incluyen los valores

que se obtuvieron en un estudio previo del AEU generada en el mismo sitio durante la temporada de estiaje (Ortiz-Hernández *et al.*, 2016). También, con fines de comparación, el cuadro 4 muestra los valores límite establecidos por las normas mexicanas NOM-015-CONAGUA-2007 (NOM, 2007), que regula la calidad del agua a emplear para la recarga de acuíferos, y por la modificación a la NOM-127-SSA1-1994 (NOM, 2000), que establece la calidad del agua destinada a abastecimiento municipal. En el cuadro 5 solo se incluyeron los valores límite establecidos por esta última norma. Por último, en ambos cuadros se muestran los valores promedio, mínimo y máximo publicados en la literatura para cada parámetro considerado (Ortiz-Hernández *et al.*, 2016).

En lo que respecta a las variables mostradas en el cuadro 4, sobresale el hecho de que, en lo general, coinciden con los valores obtenidos por Ortiz-Hernández *et al.* (2016) para el AEU que se genera en el campus Ciudad del Conocimiento, y con los valores registrados en la bibliografía. Las excepciones a lo anterior fueron las concentraciones de DQO y PO₄³⁻_T, que fueron inferior y superior, respectivamente, tanto a lo registrado para el mismo lugar como a los valores de la literatura.

CUADRO 4

Calidad inicial del AEU en términos de materia orgánica, nutrientes y un indicador microbiológico (*Escherichia coli*)

Muestra	Variable						
	DQO [mg/L]	N-NH ₄ ⁺ [mg/L]	N-NO ₂ ⁻ [mg/L]	N-NO ₃ ⁻ [mg/L]	PO ₄ ³⁻ _T [mg/L]	PO ₄ ³⁻ _D [mg/L]	<i>E. coli</i> [Log UFC/ml]
AEU	8	0.51	nd	1.35	12.37	1.67	4.67
Ortiz-Hernández (2016)	195	1.0	0.09	1.09	3.52	2.95	-
NOM-015	-	-	-	-	20	-	Ausencia
NOM-127	-	0.5	1	10	-	-	Ausencia
Ref	Media	97	1.4	-	1.44	0.65	-
	Min-Max	22 - 279	0.5 - 2.3	-	0.01 - 4.8	0.01 - 7.3	0.04 - 3.5

ND: No detectado.

Fuente: NOM-015: Límites máximos permisibles establecidos por la NOM-015-CONAGUA-2007, que regula la calidad del agua destinada a la infiltración artificial de acuíferos (NOM, 2007). NOM-127: Límites máximos permisibles establecidos por la modificación a la NOM-127-SSA1-1994, que establece la calidad del agua destinada a abastecimiento municipal (NOM, 2000).

Ref: Valores promedio, mínimo y máximo registrados en la bibliografía (Makepeace *et al.*, 1995; Ortiz-Hernández *et al.*, 2016).

En cuanto a los metales (cuadro 5), a excepción del Al y el Fe, se determinaron valores ligeramente superiores a los obtenidos por Ortiz-Hernández *et al.* (2016). Todas las concentraciones de los metales se encontraron en el amplio rango de valores reportado por la bibliografía.

La única normatividad mexicana de calidad del agua aplicable al AEU es la NOM-015-CONAGUA-2007, que establece los límites máximos permisibles de siete variables (grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, fósforo total, y coliformes fecales) en aguas pluviales y escurrimientos superficiales que se pretenda infiltrar al suelo o el subsuelo a una velocidad mayor a 60 litros por segundo (NOM, 2007). Aunque no se midieron los primeros cinco parámetros, es notable que el AEU muestreada sí cumple con lo establecido para fósforo total. Sin embargo, por contar con una elevada concentración de *E. coli*, no cumple con la ausencia total de coliformes fecales (grupo bacteriano al que el indicador pertenece) que la NOM-015-CONAGUA-2007 estipula. Dado que esta norma no establece límites a las concentraciones de metales que el AEU pueda contener, concluimos que el principal obstáculo para que el AEU de estudio pudiera infiltrarse es su contenido de *E. coli*. En caso de incumplimiento de la calidad del agua, la mencionada norma señala que los pozos

de infiltración al subsuelo deberán contar con un sistema de tratamiento que permita cumplir con los límites establecidos y, entre otros, eliminar por completo los coliformes fecales (NOM, 2007).

EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES DEL AEU

El análisis de los distintos parámetros a la entrada y a la salida del sistema de biorretención mostró una baja eficiencia de remoción de la materia orgánica (28.5%). En cambio, los nutrientes, *i.e.* N-NH₄⁺ (84.3%), PO₄³⁻ totales (94.8%) y disueltos (86.2%), y N-NO₃⁻ (49.4%), se removieron con eficiencias de altas a medianas. Se exportó una concentración baja de N-NO₂⁻ (0.01 mg/L), quizá proveniente de la oxidación microbiana. La remoción de nitrógeno amoniacal es inferior a la que registraron Jiang, Yuan y Piza (2015) para un jardín de lluvia cubierto con vegetación tolerante a la sequía (96%). Sin embargo, para este mismo jardín de lluvia se registraron exportaciones de N-NO₂⁻ y N-NO₃⁻ del 559%, y de PO₄³⁻ totales y disueltos del 494% y el 358%, respectivamente.

En nuestro sistema los metales se eliminaron con eficiencias comprendidas entre 90% y 99%, a excepción del Ni (58.7%), mientras que *E. coli* se removió por completo. *E. coli* es la bacteria coliforme más abundante en heces humanas, donde representa el 97%. Aun cuando se puede

CUADRO 5

Calidad inicial del AEU en términos de metales

Muestra		Variable [mg/L]								
		Al	Fe	Cu	Mn	Pb	Zn	Cr	Cd	Ni
AEU		9.25	6.76	1.01	0.83	2.31	0.90	0.29	0.10	0.10
Ortiz-Hernández (2016)		44.91	17.16	0.04	0.48	0.08	0.20	0.04	ND	0.04
NOM-127		0.20	0.30	2	0.15	0.01	5	0.05	0.005	-
Ref	Media	0.63	6.02	0.07	0.08	0.08	0.59	0.08	0.002	0.03
	Min-Max	< 0.01 -71.3	0.2 -440	< 0.01 -1.83	< 0.01 -3.8	< 0.01 -26.0	< 0.01 -22.0	< 0.01- 2.3	< 0.01 - 13.73	<0.01-49

ND: No detectado.

Fuente: NOM-127: Límites máximos permisibles establecidos por la modificación a la NOM-127-SSA1-1994, que establece la calidad del agua destinada a abastecimiento municipal (NOM, 2000).

Ref: Valores promedio, mínimo y máximo reportados en la bibliografía (Makepeace, Smith, y Stanley, 1995; Ortiz-Hernández *et al.*, 2016).

encontrar en agua dulce de sitios prístinos, y no se asocia directamente con actividades agrícolas o aglomeraciones urbanas, es el indicador de contaminación fecal más utilizado (Makepeace, Smith y Stanley, 1995). La eficacia de la remoción de *E. coli* conseguida apoya la idea de que, entre las diferentes tecnologías LID, la biorretención es una de las más eficientes para la remoción de este indicador y de los coliformes fecales en general (Dagenais, Brisson y Fletcher, 2018). En la compilación de Eckhart, McPhee y Bolisetti (2017) se registran eficiencias descontaminantes menores; por ejemplo, en una celda de biorretención a escala real se eliminó el 71% de *E. coli*, el 77% de Zn, el 54% de Cu, y el 31% de Pb. En uno de los escasos trabajos que registran la eficiencia de una celda de biorretención adaptada a climas xéricos se indica que se consiguió remover 80%, 61% y 79% de $N-NH_4^+$, Zn y Pb, respectivamente; en contraparte, se exportaron $N-NO_3^-$ y Cu (Li *et al.*, 2011).

En conclusión, la celda de biorretención removió de modo significativo algunos de los contaminantes que más preocupan en el AEU, y por lo tanto este sistema permitiría que el AEU de estudio cumpliera con lo establecido por la NOM-015-CONAGUA-2007 en lo referente a ausencia de coliformes fecales y, en consecuencia, podría conducirse a pozos de infiltración para la recarga artificial de acuíferos (NOM, 2007).

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL SISTEMA DE BIORRETENCIÓN EN LA CALIDAD DEL AEU

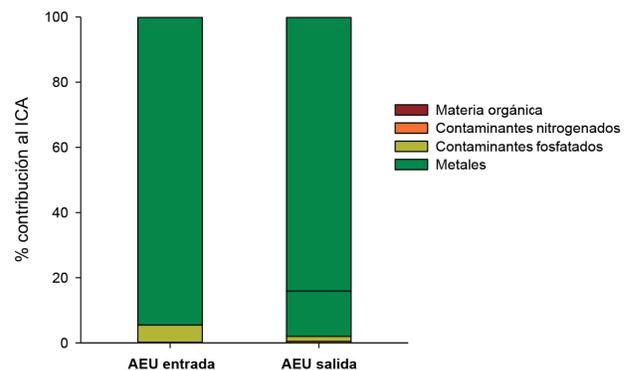
Se calculó el ICA previamente diseñado a partir de las variables de calidad del AEU medidas antes y después de entrar a la celda de biorretención. Los valores encontrados indicaron una mejoría considerable en la calidad del agua. En el AEU de entrada se midió una concentración de *E. coli* de 4.67 Log UFC/mL, lo que directamente clasifica al agua como “no apta para abastecimiento municipal”. Sin embargo, al calcular el ICA a partir de los parámetros restantes encontramos un valor de 3502 (correspondiente a un agua de uso restringido), que contrasta con el valor de 82.2 calculado para el AEU tratada en la celda; así, tras la biorretención, el

AEU adquirió una calidad que puede considerarse buena (cuadro 3). Además, en el agua de salida del sistema de biorretención no se encontró *E. coli*, lo que permite usarla como recarga artificial de acuíferos, e incluso la convierte en una posible fuente de agua de abastecimiento.

Cada variable, con su magnitud y el peso que se le asignó en función de la percepción de su riesgo asociado, contribuye de distinto modo en el valor total del ICA calculado. En la figura 2 se muestran las contribuciones de los parámetros (agrupados como materia orgánica, contaminantes nitrogenados y fosfatados, y metales) a la magnitud del ICA; ahí es evidente que los metales tienen la mayor contribución a la mala calidad del agua de escorrentía. En el caso del AEU inicial, los metales y los fosfatos son quienes hacen las mayores aportaciones, mientras que en el AEU tratada por la celda de biorretención se logró percibir la contribución de los contaminantes nitrogenados debido a que el aporte de los metales disminuyó. Así, los efectos negativos de los metales en la salud humana y de los ecosistemas justifican la implementación de la biorretención para controlar la contaminación difusa que representa el AEU.

FIGURA 2

Composición de los ICA medidos en el AEU antes y después de pasar por la celda de biorretención



Han sido escasos los trabajos que han aplicado los ICA para evaluar la eficacia de los sistemas LID; entre ellos, la mayoría se realizó para determinar el efecto de las azoteas verdes en la calidad del agua pluvial. Estas investigaciones están soste-

nidas por la hipótesis de que las azoteas verdes son exportadoras de nutrientes y de materia orgánica, sobre todo luego de su arranque; por lo tanto, en el caso específico de esta tecnología LID, la calidad del agua de salida siempre será inferior o, en el mejor de los casos igual, a la de entrada, puesto que solo reciben agua pluvial.

Kok *et al.* (2016) evaluaron el desempeño hidrológico de una azotea verde extensiva, así como la calidad del agua que este sistema podría proporcionar. A partir del empleo del índice malayo de calidad del agua, basado en la medición de seis variables (pH y las concentraciones de SST, DBO₅, DQO, oxígeno disuelto y N-NH₄⁺), se encontró que el agua de salida tenía una calidad buena, comprendida entre las categorías I y II. En otro estudio, desarrollado también en Malasia, una celda de biorretención construida con capas de arena, suelo, mantillo (*mulch*) y vegetación, permitió reducir todos los contaminantes monitoreados (SST, DBO₅, DQO) y mejorar la calidad del AEU entrante de niveles II y III hasta un nivel I (Muha *et al.*, 2014). El empleo más extendido de estos índices podría comunicar de modo más eficiente al público el valor de las tecnologías LID en conservar o incrementar la calidad de los recursos hídricos.

CONCLUSIONES

La celda de biorretención construida removió significativamente la mayoría de los contaminantes del agua de escorrentía real estudiados, incluso a niveles superiores a lo que registra la bibliografía para algunos de estos contaminantes (N-NO₃⁻, PO₄³⁻ totales y disueltos, *E. coli*, Zn, Pb, y Cu). Luego de diseñar y calcular el ICA, se encontró que la celda de biorretención mejora notablemente la calidad del agua de escorrentía, lo que demuestra la pertinencia de esta tecnología LID en el control de la contaminación difusa producida en el medio urbano y como alternativa para las zonas de recarga de acuíferos impermeabilizadas por las actividades humanas. El ICA aún debe validarse con más datos registrados en la

bibliografía para conceptualizar una escala adecuada y propiciar su aplicación como herramienta de gestión de las escorrentías urbanas.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahiablame, L. M.; Engel, B. A. e I. Chaubey (2012), "Effectiveness of Low Impact Development Practices: Literature Review and Suggestions for Future Research". *Water, Air, & Soil Pollution*, 223, (7), 4253-4273. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-012-1189-2>.
- APHA (2012), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 22^a ed. Washington DC: American Public Health Association (APHA).
- Baek, S. S.; Choi, H. D.; Jung, W. J.; Lee, J. H.; Lee, H.; Yoon, S. K. y H. K. Cho (2015), "Optimizing Low Impact Development (LID) for Stormwater Runoff Treatment in Urban Area, Korea: Experimental and Modeling Approach". *Water Research*, 86, 122-131. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.08.038>.
- CNA (2010), *Agenda del agua 2030*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- (2018), *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- Czemieli-Berndtsson J. (2014), "Storm Water Quality of First Flush Urban Runoff in Relation to Different Traffic Characteristics". *Urban Water Journal*, 11, (4), 284-296. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.795236>.
- Dagenais, D., Brisson, J. y T. D. Fletcher (2018), "The Role of Plants in Bioretention Systems: Does the Science underpin Current Guidance?". *Ecological Engineering*, 120, 532-545. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.07.007>.
- Díaz-Padilla, G.; Sánchez-Cohen, I.; Guajardo-Panes, R. A.; Del Ángel-Pérez, A. L.; Ruíz-Corral, A.; Medina-García G. y D. Ibarra-Castillo (2011), "Mapeo del índice de aridez y su distribución poblacional en México". *Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17 (SPE), 267-275. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.069>.
- D'Odorico, P.; Porporato, A. y C. W. Runyan (Ed.) (2006), *Dryland Ecohydrology*, vol. 9. Dordrecht: Springer.

- Eckart, K.; McPhee, Z. y T. Bolisetti (2017), "Performance and Implementation of Low Impact Development - A Review". *Science of the Total Environment*, 607, 413-432. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>.
- Ellis, J. B. y G. Mitchell (2006), Urban Diffuse Pollution: Key Data Information Approaches for the Water Framework Directive. *Water and Environment Journal*, 20, (1), 19-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2006.00025.x>.
- Hwang, C. C. y C. H. Weng (2015), "Effects of Rainfall Patterns on Highway Runoff Pollution and its Control". *Water and Environment Journal*, 29, (2), 214-220. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/wej.12109>.
- Jiang Y.; Yuan, Y. y H. Piza (2015), "A Review of Applicability and Effectiveness of Low Impact Development/green Infrastructure Practices in Arid/semi-arid United States". *Environments*, 2, (2), 221-249. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/environments2020221>.
- Kim L. H.; Ko, S. O.; Jeong, S. y J. Yoon (2007), "Characteristics of Washed-off Pollutants and Dynamic EMCS in Parking Lots and Bridges during a Storm". *Science of the Total Environment*, 376, (1), 178-184. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.12.053>.
- Kok, K. H.; Mohd Sidek, L.; Chow, M. F.; Zainal Abidin, M. R.; Basri, H. y G. Hayder (2016), "Evaluation of Green Roof Performances for Urban Stormwater Quantity and Quality Controls". *International Journal of River Basin Management*, 14, (1), 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15715124.2015.1048456>.
- Li, M. H.; Sung, C. Y.; Kim, M. H. y K. H. Chu (2011), "Assessing Performance of Bioretention Boxes in Hot and Semiarid Regions: Highway Application Pilot Study". *Transportation Research Record*, 2262, (1), 155-163. Disponible en: <https://doi.org/10.3141/2262-15>.
- Makepeace, D. K.; Smith, D. W. y S. J. Stanley (1995), "Urban Stormwater Quality: Summary of Contaminant Data". *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 25, (2), 93-139. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643389509388476>.
- Mihelcic, J. R. y J. B. Zimmerman (2012), *Ingeniería ambiental*. Ciudad de México: Alfaomega.
- Mijangos-Montiel J. L.; Wakida F. T. y J. Temores-Peña (2010), "Stormwater Quality from Gas Station in Tijuana, Mexico". *International Journal of Environmental Research*, 4, 777-784. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.22059/ijer.2010.264>.
- Mubarak, A.; Howald, R. A. y R. Woodriff (1977), "Elimination of Chloride Interferences with Mercuric Ions in the Determination of Nitrates by The Phenoldisulfonic Acid Method". *Analytical Chemistry*, 49, (6), 857-860. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/ac50014a047>.
- Muha, N. E.; Sidek, L. M.; Basri, H.; Beecham, S. y M. R. Z. Abdin (2014), "Field Evaluation of Bioretention System Flow and Pollutant Treatment in Tropical Climate", en *13th International Conference on Urban Drainage*, 7-12 septiembre. Sarawak, Malasia.
- NOM (2007), "Norma Oficial Mexicana NOM-015-CO-NAGUA-2007. Infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y del agua". *Diario Oficial de la Federación*, 18 de agosto de 2009, pp. 6-13.
- (2000), "Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". *Diario Oficial de la Federación*, 22 de noviembre de 2000, pp. 73-79.
- ONU (1992), *Cumbre de la Tierra - Agenda 21*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Río de Janeiro, Brasil.
- Ortiz-Hernández, J. E. (2016), *Biorretención de agua de escorrentía urbana para su tratamiento y reúso*. Tesis de doctorado. Pachuca, Hgo., México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- ; Lucho-Constantino, C.; Lizárraga-Mendiola, L.; Beltrán-Hernández, R. I.; Coronel-Olivares, C. y G. A. Vázquez-Rodríguez (2016), "Quality of Urban Runoff in Wet and Dry Seasons: A Case Study in a Semi-arid Zone". *Environmental Science and Pollution Research*, 23, (24), 25156-25168. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7547-7>.
- ; Ramírez-Carreón, J.; Coronel-Olivares, C.; Beltrán-Hernández, I.; Lizárraga-Mendiola, L. y G. A. Vázquez-Rodríguez (2015), "Operación de un sistema piloto de biorretención: resultados preliminares", en *Memorias del XXXVI Encuentro Nacional y V Congreso Internacional de la Asociación Mexicana de Investigación y Docencia en*

- Ingeniería Química (AMIDIQ)*, Cancún, Q. Roo, 5-8 de mayo, pp. 868-871.
- ; Beltrán-Hernández, I.; Lizárraga-Mendiola, L.; Coronel-Olivares, C. y G. Vázquez-Rodríguez (2013), “Biorretención y reúso del agua de escorrentía urbana en climas áridos o semi-áridos: una revisión”, en *Memorias del 2013 Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingeniería (SIMCI)*, Pachuca, Hgo., 23-25 de septiembre, pp. 17-22 Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/6238/2013_memoria_simci_joyce.pdf. Consultado: 4 de junio 2020.
- Rivera-Rodríguez, D. A.; Beltrán-Hernández, R. I.; Lucho-Constantino, C. A.; Coronel-Olivares, C.; Hernández-González, S.; Villanueva-Ibáñez, M.; Nolasco-Arizmendi, V. y G. A. Vázquez-Rodríguez (2019), “Water Quality Indices for Groundwater Impacted by Geogenic Background and Anthropogenic Pollution: Case Study in Hidalgo, Mexico”. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16, (5), 2201-2214. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1852-2>.
- Rodríguez-Miranda, J. P.; Serna-Mosquera, J. A. y J. M. Sánchez-Céspedes (2016), “Índices de calidad en cuerpos de agua superficiales en la planificación de los recursos hídricos”. *Logos, Ciencia y Tecnología*, 8, (1): 159-167. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v8i1.306>.
- Sánchez, J. A.; Álvarez, T.; Pacheco, J. G.; Carrillo, L. y R. A. González (2016), “Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México”. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7, (4), 75-96.
- SMN (2018), *Normales climatológicas 1971-2000, Estación Pachuca, Hgo.* Servicio Meteorológico Nacional (SMN). México: Comisión Nacional del Agua.
- Taebi, A. y R. L. Droste (2004), “Pollution Loads in Urban Runoff and Sanitary Wastewater”. *Science of the Total Environment*, 327, (1), 175-184. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.11.015>.
- Tsihrintzis, A. V. y R. Hamid (1997), “Modeling and Management of Urban Stormwater Runoff Quality: A Review”. *Water Resources Management*, 11, 137-164. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1007903817943>.
- USEPA (1996), *Nonpoint Source Pollution: The Nation's Largest Water Quality Problem*. Washington, dc: United States Environmental Protection Agency (USEPA) Office of Water.
- Vijayaraghavan, K. y U. M. Joshi (2014), “Can Green Roof act as a Sink for Contaminants? A Methodological Study to Evaluate Runoff Quality from Green Roofs”. *Environmental Pollution*, 194, 121-129. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.07.021>.
- WHO (2011), “Guidelines for Drinking-water Quality”, 4ª ed., Geneva: World Health Organization (WHO).
- Yang, X. E.; Wu, X.; Hao, H. L. y Z. L. He (2008), “Mechanisms and Assessment of Water Eutrophication”. *Journal of Zhejiang University - Science B*, 9, (3), 197-209. Disponible en: <https://doi.org/10.1631/jzus.B0710626>.

Reseña

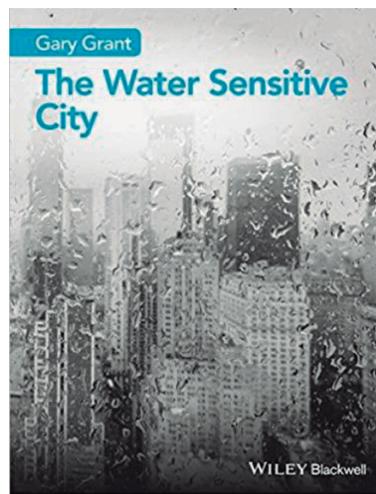
The Water Sensitive City

doi: <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i8.155>

ARTURO GLEASON ESPÍNDOLA

<https://orcid.org/0000-0002-1125-7288> / arturo.gleason@cuaad.udg.mx

Universidad de Guadalajara, México



Las ciudades enfrentan y enfrentarán desafíos que llevarán a la humanidad a escenarios muy difíciles, ya que el agua escaseará de manera intensa y frecuente a partir de 2030. Otro dato que complica más esta situación, es que más del 50% de los habitantes del planeta habitarán el planeta Tierra, lo que invita a reflexión. ¿De qué manera los recursos hídricos pueden ser garantizados para el abastecimiento de las presentes y futuras generaciones? En este contexto surge el concepto de “Ciudad sensible al agua”, como respuesta al deterioro del ciclo del agua por la urbanización desordenada, que plantea nuevas formas de planeación urbana con alta sensibilidad al funcionamiento del ciclo y al de las infraestructuras hidrosanitarias urbanas. El libro *The Water Sensitive City* surge en medio de un contexto de

escasez creciente donde las ciudades son uno de los principales demandantes de agua.

Este libro aboga por un enfoque más reflexivo para la gestión del agua urbana. El enfoque implica reducir su consumo, recolectar y reciclar agua de lluvia y adoptar sistemas de drenaje sostenibles (SUDS, su sigla en inglés), mediante los cuales el agua superficial no se envía directamente a los desagües, sino es interceptada por características como techos verdes, jardines de lluvia, swales y estanques. Cambie el modelo lineal existente de consumo de agua y utilícelo por uno más circular para sobrevivir. *Water Sensitive City* reúne las diversas discusiones técnicas especializadas que han continuado durante algún tiempo en un volumen que es más accesible para diseñadores (ingenieros y arquitectos), urbanistas y gerentes, y formuladores de políticas.



Acerca de los autores

PAOLA LIZBETH CABRERA ANDRADE

Adscrita al Instituto Tecnológico de Colima, en Villa de Álvarez, Colima, México. Arquitecta, con especialidad en Diseño Urbano por el Instituto Tecnológico de Colima; maestrante de Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana en el Instituto Tecnológico de Colima-TECNM. Área de Investigación: Urbanismo Sustentable, Ciudad y Planificación Estratégica. Correo electrónico: Arq.paolacabrera@gmail.com

DORA ANGÉLICA CORREA FUENTES

Adscrita al Instituto Tecnológico de Colima, en Villa de Álvarez, Colima, México. Doctora en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, profesora e integrante del cuerpo académico de la maestría en Arquitectura Sostenible y Gestión Urbana del Instituto Tecnológico de Colima-TECNM. Área de Investigación: Ciudad y Planificación Estratégica. Correo electrónico dora.correa@itcolima.edu.mx.

PETER CHUNG ALONSO

Adscrito al Instituto Tecnológico de Colima, en Villa de Álvarez, Colima, México. Maestro en Arquitectura con área terminal en Desarrollo Urbano por la Universidad de Colima, arquitecto egresado de la Universidad de Guadalajara y actual coordinador de la maestría en Arquitectura y Gestión Urbana del Instituto Tecnológico de

Colima-TECNM. Área de investigación: Urbanismo Sustentable, Ciudad y Planificación Estratégica. Correo electrónico: Peter.chung@itcolima.edu.mx.

SELENNE GALEANA CRUZ

Profesor de asignatura de la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, Facultad de Arquitectura. Doctorado, obtenido por la Universidad Nacional Autónoma de México. Área de investigación o palabras clave: Espacio Público y Vivienda. Correo electrónico: selennegaleana-cruz@gmail.com.

JOSÉ ARTURO GLEASON ESPÍNDOLA

Doctor en Urbanismo por la Universidad Nacional Autónoma de México, jefe del Laboratorio de Tecnología Arquitectónica Urbana Sustentable (LATAU), editor de la revista *Vivienda y Comunidades Sustentables*, SIN II. Correo electrónico: Arturo.gleason@cuaad.udg.mx.

CESAR ARMANDO GUILLÉN GUILLÉN

Doctor en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México, arquitecto y maestro con especialidad en Arquitectura Sustentable por la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas. Actualmente es profesor investigador adscrito a la Unidad de Posgrado de Arquitectura por la Universidad Nacional

Autónoma de México. Desarrolla trabajos de investigación en materiales regionales y sistemas estructurales evaluando propiedades físicas, mecánicas y térmicas. Correo electrónico: cgui-llen@unam.mx.

LILIANA GUADALUPE LIZÁRRAGA MENDIOLA

Profesora investigadora de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Área académica de Ingeniería y Arquitectura, Doctora en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México. Investigadora nacional SNI nivel 1, área de investigación: Diseño y Caracterización de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Cuenta con certificación en la promoción de tecnologías de captación y aprovechamiento de agua de lluvia (AMSCALL A.C.). Correo electrónico: mendiola@uaeh.edu.mx.

ALBERTO MUCIÑO VÉLEZ

Doctor y maestro en Arquitectura por la Universidad Nacional Autónoma de México. Recibió la medalla Alfonso Caso por haber sido el graduado más distinguido del Programa de Doctorado en Arquitectura y recientemente se le otorgó la distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos en el área de Arquitectura y Diseño por su labor en la investigación. Actualmente se encuentra adscrito al Centro de Investigaciones en Arquitectura, Urbanismo y Paisaje de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT, así como responsable del Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales sede centro del Laboratorio Nacional de Vivienda y Comunidades Sustentables CONACYT, donde actualmente desarrolla estudios de manera multidisciplinaria. Su investigación se centra en los materiales cerámicos y sus características físicoquímicas y mecánicas en el estudio de materiales regionales y su aplicación en la arquitectura. Correo electrónico: amucino@unam.mx.

JOSÉ MANUEL OCHOA DE LA TORRE

Arquitecto por la UNAM, Especializado en Heliodiseño por el Instituto de Energías renovables de la misma institución y en Ingeniería de Fuentes Renovables de Energía por la ENEA, en Italia. Se doctoró en Arquitectura, con la calificación Cum Laude, por la Universidad Politécnica de Cataluña en Barcelona, España. Correo electrónico: josemanuel.ochoa@unison.mx.

JOYCE EDITH ORTIZ HERNÁNDEZ

Coordinadora del Área de Innovación Tecnológica dentro de la empresa Itztepetl Ciencias de la Tierra y Afines S.C. Doctora en Ciencias Ambientales por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (desde 2020). Cuenta con un diplomado en Gestión de la Innovación por parte del Instituto Politécnico Nacional y otro en Estructuración de Proyectos de Innovación. Ingeniera en Biotecnología por la Universidad Politécnica de Pachuca. Ha participado como evaluadora de encuentros de jóvenes investigadores, como organizadora de eventos de divulgación y en el desarrollo de proyectos de innovación y tratamiento de aguas dentro de diversas empresas. Correo electrónico: joycedith.ortizh@gmail.com.

GABRIELA ALEJANDRA VÁZQUEZ RODRÍGUEZ

Ingeniera química por el Instituto Tecnológico de Chihuahua y doctora en Microbiología y Biotecnología por el Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Francia. Es profesora investigadora del Área Académica de Química de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, donde se especializa en el desarrollo de procesos de tratamiento del agua. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel II, y divulgadora de las ciencias ambientales, la historia ambiental y la sustentabilidad. Correo electrónico: g.a.vazquezr@gmail.com.

DIANA SUSANA URÍAS BORBÓN

Estudiante de doctorado en Humanidades con Énfasis en Estudios Integrales de Arquitectura en la Universidad de Sonora con tesis enfocada en

la línea general de aplicación del conocimiento en Estudios Sobre el Medioambiente y la Tecnología para el Desarrollo de Proyectos Urbanos y Arquitectónicos, específicamente el tema de los huertos urbanos. Maestra en Administración y egresada de la carrera de Arquitectura por el Tecnológico de Monterrey. Profesora del Tecno-

lógico de Monterrey, campus Sonora Norte en el área de Arquitectura. Ha sido responsable de múltiples proyectos académicos, de vinculación y de investigación en temas de innovación educativa, y ha participado como profesional del área de diseño en sector privado. Correo electrónico: diana.urias@gmail.com.

POLÍTICAS EDITORIALES Y CARACTERÍSTICAS DE CONTENIDO

ENFOQUE Y ALCANCE

Revista Vivienda y Comunidades Sustentables recibe artículos sobre investigaciones científicas terminadas o avances de las mismas, sobre temas relacionados con la vivienda y la construcción o instrumentación de comunidades sustentables, desde la perspectiva de las ciencias sociales, la arquitectura, el urbanismo, la ingeniería y el diseño, por ser una revista multidisciplinar, donde se aborda la discusión teórica, conceptual o práctica, con nuevos enfoques y conocimiento original y de frontera, con el objetivo de difundir y compartir conocimientos acerca de estos temas con los interesados en la vivienda sustentable y sus contextos urbano y territorial. Los artículos son sometidos al sistema de evaluación por pares doble ciego. La estructura editorial de la revista incluye artículos de investigación científica y una sección de reseñas bibliográficas de libros.

PROCESO DE EVALUACIÓN POR PARES

Se someterán a la evaluación del Comité Editorial, con apoyo de comisiones dictaminadoras de especialistas reconocidos en el campo, por el método de evaluación ciega y doble; el resultado se dará a conocer al autor por medio electrónico, pudiendo ser éste: *a)* aprobado, *b)* aprobado con

modificaciones, o *c)* rechazado. En el caso *b)*, se remitirán al autor las observaciones y éste contará con tres días naturales para remitir las correcciones: si esto no ocurre en el tiempo establecido, quedará fuera de la publicación.

Una vez aceptado el texto, un miembro del Comité Editorial se pondrá en contacto con el autor para afinar los detalles editoriales de la versión definitiva que, una vez aceptada, no podrá ser modificada.

ENVÍO DE MANUSCRITO

El manuscrito debe ser original e inédito; es decir, que no haya sido publicado previamente, ni enviado para consideración a ninguna otra revista. Puede estar escrito en español o inglés. Es importante mencionar que en el contenido del texto no deben aparecer elementos que indiquen o permitan inferir la autoría del texto, para garantizar que la revisión externa por pares sea objetiva.

El artículo enviado a la página web de la revista <http://www.revistavivienda.cuaad.udg.mx> deberá contener:

- Título del artículo: escrito en mayúsculas “TÍTULO” en arial 12 y negritas. Deberá ser conciso e informativo.

- Palabras clave: palabra 1; palabra 2; palabra 3; palabra 4; palabra 5. (Incluya cuando menos tres palabras clave, máximo cinco.)
- Un resumen que no exceda las 200 palabras, en el que se reproduzca la estructura general del artículo; es decir, donde se explique el objetivo de éste, el método utilizado, los resultados a los que se ha llegado y el aporte del trabajo a determinada disciplina.
- La traducción al inglés tanto del título del artículo como del resumen y las palabras clave.
- El cuerpo del artículo, cuya extensión no deberá sobrepasar las 10 000 palabras ni ser menor de las 5 000. La tipografía de escritura deberá ser Arial, en 12 puntos. En formato Microsoft Word.

El uso de negritas sólo se permite en el título de las secciones o apartados del artículo; en caso de que se desee resaltar alguna idea o frase, se pueden utilizar cursivas.

- Notas, de contenerlas, deberán aparecer al pie de página y se usarán únicamente para hacer comentarios y aclaraciones.
- Gráficas, tablas y esquemas, de contenerlos, se presentarán listos para ser editados, es decir, importados desde Excel a Word y ubicados en los lugares apropiados del texto. Se reconocerá adecuadamente cuando sean elaborados por otros y, en caso de ser de elaboración propia, ésta se detalla.
- Bibliografía, que se compondrá exclusivamente de las obras citadas; por lo cual no deberán incluirse documentos consultados pero no referidos en el texto. Deberá aparecer al final del texto en orden alfabético.
- Citas, se utiliza el estilo APA.

RESEÑAS

- Las reseñas deberán examinar obras recientes desde la perspectiva de las ciencias sociales, la arquitectura, el urbanismo, la ingeniería y el diseño, que hayan tenido impacto en la comunidad científica.

- En la primera página se deberá incluir la ficha bibliográfica de la obra con los siguientes datos: Nombre y Apellido(s) (Año). *Título*. Lugar: Editorial.
- La reseña deberá ajustarse a las mismas características técnicas requeridas para los artículos y no podrán exceder las 2 000 palabras ni ser inferiores a las 1 300.

DATOS DEL AUTOR

Todas las contribuciones deberán anexar en archivo adjunto al artículo, los datos completos del autor (institución, dirección postal, dirección electrónica y teléfono) y una breve reseña curricular (estudios, grado académico, nombramiento e institución de adscripción, principales publicaciones y líneas de investigación). En el caso de coautorías, deberán incluirse los datos de todos los colaboradores.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista proporciona un acceso abierto a su contenido.

PRÁCTICAS EDITORIALES

Revista Vivienda y Comunidades Sustentables no cobra ningún tipo de tarifa por procesamiento ni envío de materiales.

El equipo editorial es responsable de cuidar que el nombre de los árbitros y de los autores y sus manuscritos sean tratados de manera confidencial.

No se aceptarán manuscritos que no se ajusten a los requisitos editoriales.

Al enviar su manuscrito, el autor acepta los criterios editoriales de la revista y el proceso de evaluación por pares.

El Consejo Editorial es el órgano que determina la publicación de los artículos evaluados favorablemente.

PUBLICACIÓN DE LOS MANUSCRITOS

Todo manuscrito será preparado por *Revista Vivienda y Comunidades Sustentables* previo a su publicación. Para tales efectos, se harán correcciones de estilo, ortografía, etc. En todos los casos, se enviará la versión final del texto al autor para su aprobación, que deberá hacer llegar a la revista vía electrónica en tres días naturales.

PRÁCTICAS ANTIPLAGIO

En cumplimiento de nuestras políticas editoriales, todos los artículos recibidos son revisados con el software TURNITIN para garantizar que cumplen con los criterios al respecto necesarios para su publicación en *Revista Vivienda y Comunidades Sustentables*; en caso de que la revisión por medio de TURNITIN arroje un porcentaje superior a 25% de paridad con una obra ya publicada, se le notificará al autor, solicitando su aclaración.

DECLARACIÓN DE PRIVACIDAD

El contenido de los artículos y reseñas que se publiquen en cada número de la *Revista Vivienda y Comunidades Sustentables*, es responsabilidad exclusiva de los autores y no representa necesariamente la opinión de la Universidad de Guadalajara. Los autores conservaran sus derechos de autor y garantizaran a la revista el derecho de la primera publicación de su obra.

La información proporcionada por los autores (nombre, correo electrónico y teléfono) será usada exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionará a terceros con otros fines. Los autores aceptan que su obra se rija conforme el criterio legal de Creative Commons en su licencia de Atribución–No Comercial–No Derivadas 2.5 México.

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/es/>)

