

**PATÓGENOS FÚNGICOS EN LOS PAISAJES  
ARQUITECTÓNICOS VULNERABLES DE BOGOTÁ:  
UNA MIRADA TRANSDISCIPLINAR PARA DISEÑAR  
DESDE LO MICROSCÓPICO / FUNGAL PATHOGENS IN  
ARCHITECTURAL LANDSCAPES: A TRANSDISCIPLINARY  
LOOK AT DESIGNING FROM THE MICROSCOPIC /  
PATÓGENOS FÚNGICOS EM PAISAGENS ARQUITETÔNICAS  
VULNERÁVEIS DE BOGOTÁ: UM OLHAR TRANSDISCIPLINAR  
SOBRE O DESIGN A PARTIR DO MICROSCÓPICO**

**ALEJANDRO SERRANO-SIERRA**

Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Arquitectura, Bogotá D.C, Colombia

serrano.alejandro@javeriana.edu.co  0009-0005-5848-2561

**LUIS DAVID GÓMEZ-MÉNDEZ**

Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Microbiología, Bogotá D.C, Colombia

luis.gomez@javeriana.edu.co  0000-0002-9452-4686

**LUNA REY MANRIQUE**

Pontificia Universidad Javeriana, Departamento de Arquitectura, Bogotá D.C, Colombia

lu\_rey@javeriana.edu.co  0009-0005-7117-7457

## RESUMEN

Este trabajo transdisciplinario, realizado en Bogotá, Colombia, 2024, investiga la presencia de hongos patógenos en viviendas vulnerables de Bogotá y su posible impacto en la salud. A través del análisis microbiológico en una casa ubicada en el barrio Arabia, de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, se identificaron hongos de los géneros *Trichoderma spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.* y *Rhizopus spp.*, que proliferan en ambientes con alta humedad y ventilación deficiente, lo que puede afectar la calidad de vida de los habitantes. El estudio destaca la importancia de integrar enfoques pluriversales, promoviendo una visión más holística de la relación entre los habitantes y su entorno microbiológico. Al concientizar sobre la coexistencia con “otros” organismos, se fomenta la adopción de estrategias arquitectónicas sostenibles preliminares, que no solo mejoren la infraestructura, sino también la salud ambiental dentro de las viviendas. Esta investigación subraya la necesidad de un diseño arquitectónico inclusivo, que considere el microbioma fúngico como un indicador de los problemas de habitabilidad y apunta a intervenciones que aborden

tanto los factores arquitectónicos como los ambientales. Así, se propone una metodología que permita la comprensión de espacios vulnerables, desde los microorganismos que lo habitan. Este enfoque es un inicio transdisciplinario para generar un cambio sostenible en las viviendas populares, mejorando las condiciones de vida y el bienestar general de las comunidades marginales de Bogotá.

**Palabras clave:** Microbioma fúngico, Vivienda saludable, Arquitectura sostenible, Vulnerabilidad urbana, Transdisciplinariedad

## ABSTRACT

This transdisciplinary work, carried out in Bogotá, Colombia, 2024, investigates the presence of pathogenic fungi in vulnerable dwellings in Bogotá and their possible impact on health. Through microbiological analysis in a house located in the Arabia neighbourhood of Ciudad Bolívar in Bogotá, fungi of the genera *Trichoderma* spp., *Mucor* spp., *Penicillium* spp., and *Rhizopus* spp. were identified. These fungi proliferate in environments with high humidity and poor ventilation, which may negatively affect the quality of life of the inhabitants. The study highlights the importance of integrating pluriversal approaches, promoting a more holistic view of the relationship between inhabitants and their microbiological environment. By raising awareness of coexistence with “other” organisms, it encourages the adoption of preliminary sustainable architectural strategies that not only improve infrastructure, but also enhance environmental health within dwellings. This research underlines the need for an inclusive architectural design that considers the fungal microbiome as an indicator of habitability problems and aims at interventions that address both architectural and environmental factors. Thus, a methodology is proposed that enables the understanding of vulnerable spaces through the microorganisms that inhabit them. This approach is a transdisciplinary foundation for generating sustainable change in popular housing, improving the living conditions and general well-being of marginal communities in Bogotá.

**Keywords:** Fungal microbiome, Healthy housing, Sustainable architecture, Urban vulnerability, Transdisciplinarity

## RESUMO

Este trabalho transdisciplinar, realizado em Bogotá, Colômbia, 2024, investiga a presença de fungos patogênicos em habitações vulneráveis em Bogotá e o seu possível impacto na saúde. Através da análise microbiológica de uma casa localizada no bairro Arábia de Ciudad Bolívar, em Bogotá, foram identificados fungos dos gêneros *Trichoderma* spp., *Mucor* spp., *Penicillium* spp. e *Rhizopus* spp. que proliferam em ambientes com elevada humidade e pouca ventilação, o que pode afetar a qualidade de vida dos habitantes. O estudo realça a importância de integrar abordagens multifacetadas, promovendo uma visão mais holística da relação entre os habitantes e o seu ambiente microbiológico. Ao sensibilizar para a coexistência com “outros” organismos, incentiva a adoção de estratégias arquitetônicas sustentáveis a montante que melhorem não só as infraestruturas, mas também a saúde ambiental no interior das habitações. Esta investigação sublinha a necessidade de um projeto arquitetônico inclusivo que considere o microbioma fúngico como um indicador de problemas de habitabilidade e vise intervenções que abordem tanto os fatores arquitetônicos como os ambientais. Assim, é proposta uma metodologia que permite a compreensão de espaços vulneráveis a partir dos microrganismos que os habitam. Esta abordagem

é um começo transdisciplinar para gerar mudanças sustentáveis em habitações de baixa renda, melhorando as condições de vida e o bem-estar geral das comunidades marginalizadas em Bogotá.

**Palavras-chave:** Microbioma fúngico, Habitação saudável, Arquitetura sustentável, Vulnerabilidade urbana, Transdisciplinaridade

## 1. INTRODUCCIÓN

En la vida cotidiana, los hongos suelen percibirse como un problema que afecta tanto la salud de los habitantes como la integridad de los espacios construidos. En general, esta percepción se basa en una categorización taxonómica simplificada dentro del dominio Eukarya, donde el reino Fungi es asociado, de manera casi automática, con la noción de patógenos. “Hay hongos”, se dice comúnmente, para referirse a un problema de humedad, por ejemplo, sin detenerse a considerar la vasta y compleja diversidad de organismos que se esconde detrás de esta afirmación. Esta simplificación reduce a los hongos a meros agentes dañinos en el ambiente, sin reconocer su papel multifacético.

No obstante, es innegable que la presencia de ciertos géneros de hongos en interiores, especialmente en ambientes húmedos donde proliferan el moho —hongo— y otros microorganismos, puede tener efectos adversos para la salud humana (Nevalainen, Täubel, y Hyvärinen 2015). La exposición a algunos hongos en ambientes húmedos y en determinadas épocas del año, como el invierno, se ha asociado con un mayor riesgo de desarrollar asma, atopia y otros síntomas respiratorios, sobre todo en niños. Específicamente, la exposición a géneros de hongos, tales como *Penicillium* se vincula con el asma, mientras que *Aspergillus* aumenta el riesgo de atopia (Garrett et al. 1998).

En el contexto habitacional de Bogotá, la situación se agrava en zonas vulnerables donde las viviendas informales carecen de una estructura adecuada y están expuestas a la humedad y a la proliferación de patógenos como hongos. Aunque no existen datos exactos sobre el porcentaje de viviendas vulnerables con contaminación microbiana en Bogotá, estudios como el de García-Ubaque, Torres y González (2020) indican que en áreas de alta vulnerabilidad como ocurre en la localidad de Ciudad Bolívar, las viviendas pueden presentar problemas de humedad y de ventilación deficiente, condiciones que favorecen la proliferación de hongos patógenos como *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Trichoderma spp.* y *Rhizopus spp.*, los cuales pueden afectar la salud de los habitantes. La expansión de estos asentamientos, ubicados en áreas periféricas de la ciudad, a menudo carece de infraestructura básica lo que aumenta los riesgos para la salud de los habitantes (Yunda, Ceballos-Ramos, y Rincón-Castellanos 2022) y puede generar una mayor exposición a ambientes propensos y al crecimiento de hongos patógenos, asociados a infecciones respiratorias y alergias. Según datos de la Secretaría Distrital de Salud, la presencia de hongos y humedad en las viviendas aumenta la prevalencia de sibilancias en niños hasta 1,59 veces. Asimismo, la falta de ventilación en hogares tiene un impacto significativo, porque los menores que habitan en viviendas con poca ventilación presentan hasta 1,42 veces la prevalencia de síntomas respiratorios. A esto se suma que la presencia de una cocina que comparte el espacio con otros usos en la vivienda pueda incrementar hasta en 2,49 veces la prevalencia de enfermedades respiratorias, lo que puede indicar que la acumulación de vapores y contaminantes internos, desde zonas húmedas hacia zonas secas, contribuyen al deterioro de la calidad del aire y a la proliferación de patógenos. Estos casos son graves, particularmente en localidades como Ciudad Bolívar, donde el 34,1% de los niños presentan síntomas respiratorios sin gripa, lo que puede evidenciar una relación entre la deficiencia habitacional y las enfermedades respiratorias. Además, la falta de ventilación en cocinas aumenta en

2,00 veces la probabilidad de sibilancias, lo que subraya la necesidad de considerar estrategias de diseño arquitectónico que mejoren la calidad del aire interior (Secretaría Distrital de Salud 2023a, 2023b). Esto ocurre en un contexto urbano donde incrementan las unidades habitacionales informales que, en la mayoría de los casos, no tienen bases para unas buenas condiciones de habitabilidad (Asobancaria 2022).

Como lo expone Kumar (2021), la calidad de las viviendas no solo impacta la infraestructura física, sino que tiene efectos directos sobre la salud y el bienestar de los habitantes. Las condiciones insalubres de las viviendas en Ciudad Bolívar no solo son un reflejo de la segregación urbana, sino también de los conflictos socioambientales derivados de la ausencia de infraestructura básica. Los hongos, presentes en estas áreas vulnerables, no solo reflejan las condiciones de marginalidad, sino que actúan como testigos de las tensiones entre el entorno construido y la naturaleza donde existen pocos referentes de integración armónica en un escenario urbano y marginal.

En un contexto donde, de acuerdo con el Reporte Mundial de las Ciudades 2022, se prevé que la urbanización global continúe aumentando (ONU 2022), las zonas más vulnerables son las periferias de las grandes ciudades como Bogotá, con condiciones deficientes de construcción, alta humedad, poca iluminación y falta de ventilación. Este crecimiento urbano acelerado plantea desafíos significativos en términos de habitabilidad y salud, especialmente en asentamientos informales donde la proliferación de patógenos fúngicos puede afectar gravemente a las poblaciones más vulnerables. Estos entornos frágiles favorecen el crecimiento de diversos géneros de hongos como los mencionados anteriormente. *Aspergillus spp.* y *Penicillium spp.*, por ejemplo, pueden causar infecciones respiratorias, especialmente en niños, ancianos y personas inmunocomprometidas. Además, la prevalencia de infecciones fúngicas en Colombia son un problema de salud importante, con aproximadamente 130.000 casos de aspergilosis reportados anualmente, exacerbados por las condiciones de vida en áreas vulnerables que facilitan la proliferación de estos microorganismos. Estas infecciones, como la aspergilosis broncopulmonar alérgica —ABPA— y la aspergilosis pulmonar crónica —CPA—, tienen un impacto significativo en la población más vulnerable, particularmente en aquellos con enfermedades respiratorias preexistentes como el asma y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica —EPOC— (Álvarez-Moreno, Cortes, y Denning 2018). Estas situaciones, usualmente, se enmarcan en territorios con tratamientos urbanísticos de Mejoramiento Integral; áreas que tienden a tener un origen informal con características cualitativas vulnerables. En la figura 1, es posible evidenciar los lugares donde se enfocan las políticas de mejoramiento de vivienda en la ciudad, en ésta se puede apreciar que se localizan en las zonas periféricas y más frágiles, especialmente en el margen sur de la ciudad, como la localidad de Ciudad Bolívar (Fig. 1).

Los espacios construidos, pueden entenderse como un conjunto de particiones físicas verticales, horizontales y sus variaciones, que contienen microbiomas, ecosistemas complejos de microorganismos que habitan los entornos construidos, influenciado por factores como las actividades animales y el ambiente. Estas comunidades de microorganismos que habitan un espacio definido tienen un papel esencial en el beneficio y/o en el perjuicio del sistema inmunológico de sus habitantes (Gilbert y Hartmann 2024). En espacios interiores, elementos físicos como materiales de construcción y el mobiliario son receptores de partículas fúngicas presentes en el aire lo que incrementa la exposición de los habitantes a patógenos. Factores como la acumulación de polvo, las condiciones climáticas, los altos niveles de humedad, la poca ventilación, la localización de la vivienda y el número de ocupantes influyen en las concentraciones de hongos en espacios interiores (Nevalainen, Täubel, y Hyvärinen 2015). Investigaciones demuestran que las mediciones de esporas fúngicas en interiores predicen mejor los problemas de salud respiratoria que los informes



Fig. 1. Mapa de mejoramiento de viviendas y habitabilidad en Bogotá, Colombia: Localización de viviendas en proceso de mejoramiento y en la localidad de Ciudad Bolívar, Secretaría Distrital del Hábitat, 2021. Fuente: imagen modificada por los autores

generales de humedad, subrayando la importancia de la identificación de hongos en el desarrollo de afecciones respiratorias (Garrett et al. 1998).

A menudo, las soluciones a estos problemas se plantean desde una visión reduccionista lo que limita el entendimiento del problema. Un ejemplo de ello es que, al haber humedad en un

espacio construido, se aplican productos químicos que afectan no solo al organismo que se pretende eliminar, sino que también genera una relación perjudicial para otros organismos del microbioma y del hábitat, e incluso a los habitantes humanos. El uso de productos antimicrobianos destruye a los hongos, pero también favorece la supervivencia de aquellos organismos que portan genes de resistencia. Estos genes pueden transferirse, lo que contribuye a la propagación de la resistencia antimicrobiana en el ambiente (Gilbert y Hartmann 2024). Además, los fungicidas, como los de tipo azol, pueden persistir en el ambiente y afectar tanto a organismos no objetivo, como humanos y otros animales. Los azoles, aunque son específicos frente a los hongos, pueden tener efectos tóxicos en humanos, como alteraciones hormonales (Chen y Ying 2015). En este contexto, existe una desconexión con “otros” organismos, como los hongos, lo que pone de manifiesto que, en lugar de entender a los microorganismos del ambiente para lograr soluciones sostenibles, se busca eliminarlos sin profundizar en el conflicto inter-especie, lo que a largo plazo genera efectos perjudiciales para el ser humano y no resulta en una vivienda saludable, ni mitiga integralmente al patógeno. La vivienda saludable, como parte integral del entorno, debe enfocarse en mejorar las condiciones arquitectónicas del hábitat construido para optimizar la salud física y mental de los habitantes, promoviendo no solo el bienestar individual y familiar, sino también el comunitario (García-Ubaque, Torres, y González 2020).

Teniendo en cuenta esta relación, es necesario re-imaginar nuevos enfoques que promuevan una mejor interacción del ser humano con el microbioma en el que habita. Un ejemplo de estas otras visiones proviene de las culturas amerindias. Langebaek (2023) explica en su entrevista con Morales Thomas que las cosmovisiones muiscas no desobjetivaban lo no humano. En el mismo sentido, Viveiros de Castro (2019), menciona que la epistemología occidental reduce la naturaleza en objetos inanimados. En contraste, las cosmologías amerindias no separan al ser humano de la naturaleza, sino que consideran que el mundo natural está lleno de seres con perspectivas y subjetividades propias. Esta visión sugiere que la fauna, la flora, y la funga e incluso los objetos que, de acuerdo con estas visiones, erróneamente se consideran inanimados, pueden ser vistos como sujetos que poseen sus propios puntos de vista e interacciones con el mundo. Como destaca Haber (2009), el “giro animista” en la antropología nos invita a reconsiderar nuestra relación con lo no-humano y a replantear las epistemologías dominantes desde una perspectiva post-occidental, reconociendo el poder de las cosmologías indígenas para revelar interdependencias y subjetividades en los entornos naturales y construidos.

Esta mirada desde la arquitectura debería permitir que los microorganismos sean vistos no sólo como entidades que afectan al entorno humano, sino como participantes activos en un ecosistema que puede ser entendido a través de una lente diferente. Esta visión, podría repercutir en una mejoría en la salud de los habitantes y en su capacidad de resistencia. Además, una aproximación más amplia, no sólo ayudaría en el conflicto con los microorganismos nocivos, sino que posibilitaría un mutualismo que dé respuesta ante diversas amenazas sociales, económicas y climáticas (Gilbert y Hartmann 2024). Para ello es importante que se promuevan acercamientos al microbioma, hacia organismos que no vemos, lograrlo implicaría una observación que permita la subjetivación de los microorganismos para entender mejor las relaciones simbióticas del hábitat (McFall-Ngai, Hadfield, y Bosch 2013). El análisis de los hongos en viviendas vulnerables no solo revela las condiciones de habitabilidad, sino también nos invita a reconsiderar la conexión entre la arquitectura y los procesos naturales. Desde esta perspectiva, un enfoque pluriversal permitiría entender la ciudad como un espacio donde los microorganismos, en su interacción con el entorno construido, evidencian la relación que tenemos con la tierra y la importancia de un diseño que reconozca estos

vínculos esenciales (Hidalgo 2019), la alimentación urbana, el transporte, la gestión de los residuos, la calidad del aire y del agua, la vivienda, etc., será esencial para restablecer el equilibrio biofísico de la vida urbana y todo esto podría surgir de la comprensión de los fenómenos naturales en el microbioma interno de la vivienda.

Entonces, ¿es posible que la arquitectura logre una relación transdisciplinar, donde el estudio de los microbiomas del interior de una vivienda, en especial con los hongos, resulte en respuestas que brinden un panorama más saludable?

Este trabajo invita, desde la academia, a reconsiderar las interacciones entre los humanos y los microorganismos en la ciudad de Bogotá, rompiendo con la visión reduccionista que busca erradicar la naturaleza de los espacios urbanos a partir de soluciones simplificadas. En cambio, propone un entendimiento de los conflictos inter-especie que fortalezca el conocimiento de las comunidades locales y estudiantiles para promover diseños que reconozcan la relación con el entorno. Para lograrlo, se deben plantear nuevos enfoques que transformen sosteniblemente el hábitat desde la arquitectura, para ello, se puede empezar por un proceso de concientización en el entorno que evidencie las relaciones interespecíficas dentro del microbioma en una vivienda vulnerable. De acuerdo con Freire, una metodología práctica puede desmitificar un fenómeno, permitiendo una reflexión crítica que lleve a transformar la comprensión del entorno (Lawrence 2008). Para lograrlo, es importante realizar con la comunidad y con estudiantes, exploraciones que permitan la identificación del microbioma fúngico y hacer una clasificación de los hongos presentes y visibilizar las posibles consecuencias en el hábitat. Así mismo, una aproximación inter-especie permitiría a la comunidad un acercamiento hacia lo desconocido, de tal manera que organismos adversos puedan visibilizarse para que se comprendan su interacción con ellos mismos e incluso su estudio pueda llevar hacia futuros diferentes.

## 2. DESARROLLO Y METODOLOGÍA

El presente estudio se fundamenta en un trabajo transdisciplinario que integró observaciones cualitativas previas realizadas por estudiantes de arquitectura de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Estas observaciones detectaron condiciones de vulnerabilidad física en viviendas ubicadas al sur de la ciudad, facilitando la selección de un caso crítico para el muestreo de microorganismos. Debido a los levantamientos arquitectónicos realizados por parte del equipo de estudiantes, se seleccionó una vivienda carente de infraestructura básica, como alcantarillado y acabados, y que presentaba humedad excesiva, lo que la convertía en un entorno propicio para el crecimiento de hongos patógenos, cuya proliferación seguramente afectaba directamente la salud de sus habitantes.

El diagnóstico realizado anteriormente por los estudiantes de arquitectura brindó una base para identificar vacíos estructurales y áreas con mayor riesgo de biodeterioro (Fig. 2). Este diagnóstico incluyó la evaluación de elementos arquitectónicos, como el estado de los muros y cubiertas, la falta de ventanas y la ausencia de acabados, que propiciaban condiciones insalubres y comprometían la calidad del aire interior.

Estos estudios previos facilitaron la elaboración de la metodología, así como las estrategias de intervención futuras según la relación entre los microorganismos encontrados y los problemas de habitabilidad detectados. En consecuencia, fueron la base para lograr un enfoque transdisciplinario que buscara cerrar las brechas entre la arquitectura y la microbiología, mostrando cómo



Fig. 2. Collage del contexto del barrio y casa seleccionada, Barrio Arabia, Bogotá, 2024. Fuente: Elaboración propia

la observación cualitativa, yuxtapuesta con información cuantitativa, puede ser la base para desarrollar soluciones integrales que aborden los vacíos estructurales y de salud pública en viviendas vulnerables.

Dado lo anterior, el muestreo se llevó a cabo en una vivienda del barrio Arabia (Fig. 3), en la UPL (Unidad de Planeamiento Local) Lucero de Ciudad Bolívar, una localidad al sur de la ciudad de Bogotá, que enfrenta serios desafíos de habitabilidad, por lo que es un territorio crítico para programas de mejoramiento de vivienda. Según los resultados de la Encuesta Multipropósito de Bogotá 2021 en Ciudad Bolívar el 30% de las viviendas presenta humedades en el techo o en las paredes y un 20% de las viviendas tiene goteras (DANE 2021). Este territorio, presenta altos porcentajes de viviendas con pisos de tierra o acabados que no garantizan la ausencia de humedad, lo que agrava la proliferación de hongos. Además, más del 82% de las viviendas carecen de ventanas adecuadas, lo que empeora la ventilación y la calidad del aire interior, entre otros factores (Swisscontact 2013). Específicamente, la UPL Lucero, al igual que otras con barrios de origen informal como Arabia, presenta un significativo porcentaje de viviendas afectadas por humedades (Fig. 4), con un promedio que supera el 40%. Esto, sumado a la deficiencia estructural, crea condiciones propicias para la acumulación de partículas en el aire y la proliferación de microorganismos, como los mohos, entre otros que afectan la salud de los residentes (Swisscontact 2015). En suma, el barrio debido a su caracterización urbanística de “desarrollo”, es excluido de las políticas de mejoramiento integral para la legalización y mejoramiento del barrio, lo que condena a las familias a una situación precaria de habitabilidad.

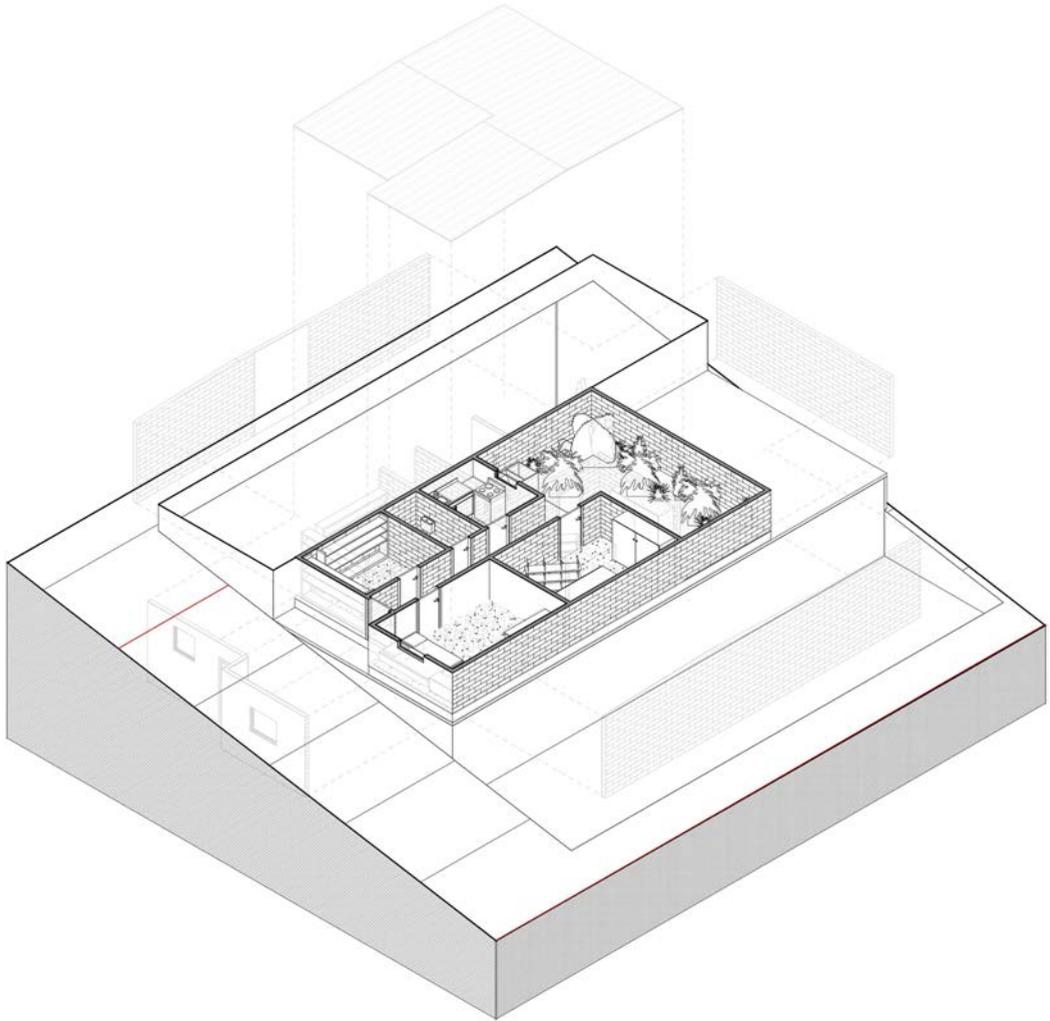


Fig. 3. Axonometría de la casa seleccionada, localidad de Ciudad Bolívar, barrio Arabia, Bogotá, 2024.

Fuente: Elaboración propia

Para lograr una caracterización macro de las condiciones arquitectónicas de una vivienda como la seleccionada, se realizó un muestreo para identificar y clasificar, en laboratorio, los microorganismos presentes en el microbioma interior de la vivienda. Los hongos, y otros organismos que coexisten en estos espacios, son testigos de las condiciones cualitativas de la vivienda, como la humedad, la ventilación deficiente y la condición de acabados. Este enfoque investigativo profundizó en una aproximación pedagógica, promoviendo una relación más estrecha entre los habitantes de la vivienda y los estudiantes con los microorganismos, proporcionando una base metodológica



Fig. 4. Recolección de muestras en la vivienda del barrio Arabia, Bogotá, Colombia, 2024. Fuente: Elaboración propia

práctica para desarrollar estrategias de diseño, desde la “concientización”, que integren tanto la microbiología como la arquitectura de manera transdisciplinar.

## 2.1. SELECCIÓN DE VIVIENDA EN CONDICIONES DE VULNERABILIDAD

La vivienda seleccionada para el estudio se localiza en el barrio Arabia, Ciudad Bolívar, un área caracterizada por condiciones de marginalidad y deficiencias habitacionales. Esta casa se eligió debido a la presencia de alta humedad, falta de ventilación adecuada y biodeterioro visible. Se tomaron muestras de las superficies más afectadas ubicadas en lugares más críticos de la vivienda.

## 2.2. MUESTREO DE MATERIAL FÚNGICO

Se recolectaron ocho muestras de las áreas críticas (Fig. 5), como la cocina, el patio y el baño, donde se observaron signos visibles de humedad y biodeterioro. Todos los puntos de muestreo se encontraban en el mismo costado de la vivienda que colindaba con el muro y el relleno de la vivienda próxima y por el que a su vez baja agua de escorrentía de lo alto de la montaña.

Las muestras fueron recolectadas *in situ*, raspando la zona afectada con una espátula metálica previamente desinfectada con alcohol antiséptico al 70% y disponiendo el material recolectado en

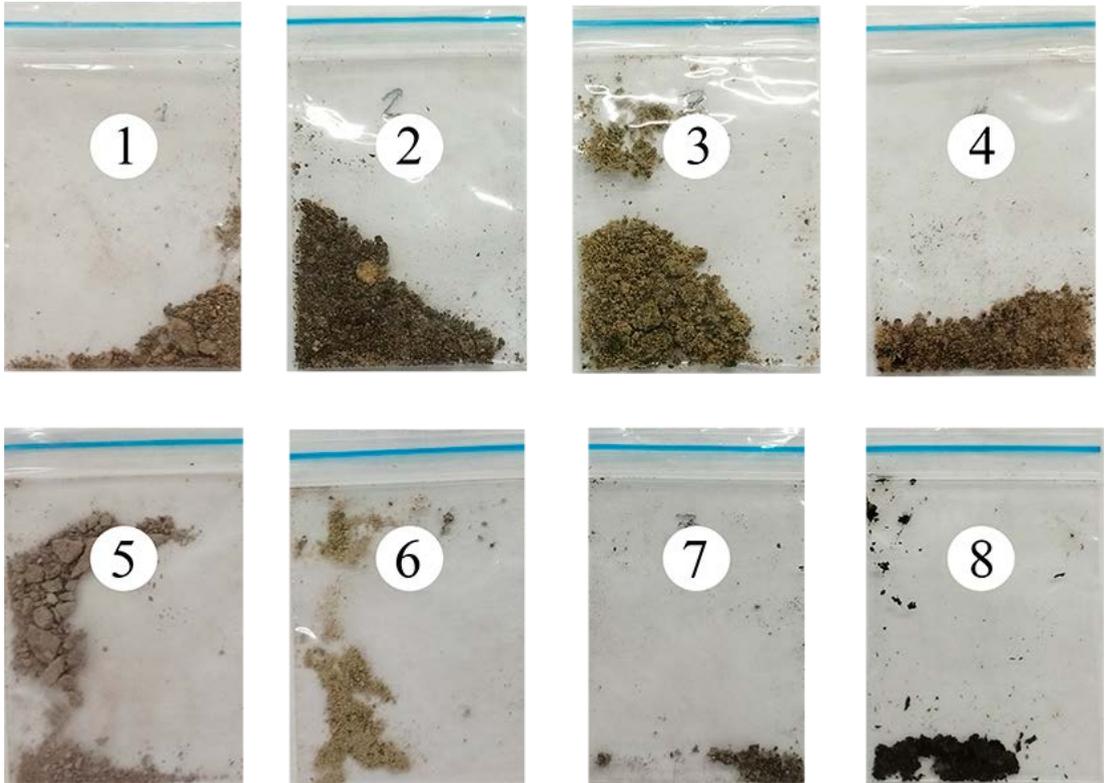


Fig. 5. Muestras tomadas en los espacios con altos niveles de humedad de la vivienda, 2024. Fuente: Elaboración propia

bolsas plástica Ziploc™, debidamente rotuladas. Luego fueron almacenadas a 4°C para su posterior análisis, en los laboratorios del Departamento de Microbiología de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana.

### 2.3. SIEMBRA EN MEDIOS DE CULTIVO

Las muestras recolectadas —0.22 g— al estar en polvo, fueron esparcidas de manera homogénea en cajas de Petri (como muestra directa) en el medio de cultivo Agar Papa Dextrosa —PDA—, un medio de cultivo que favorece el crecimiento fúngico; las cajas se sellaron con cinta Parafilm™ para evitar contaminación y se incubaron a 14°C durante 5–7 días. Después de la incubación, se seleccionaron aquellas colonias de hongos predominantes en cada punto de muestreo y se transfirieron, nuevamente, a PDA y al medio de cultivo selectivo Agar Rosa de Bengala, para su crecimiento individual (Fig. 6). Este medio de cultivo favorece el crecimiento de hongos filamentosos sobre el crecimiento bacteriano.

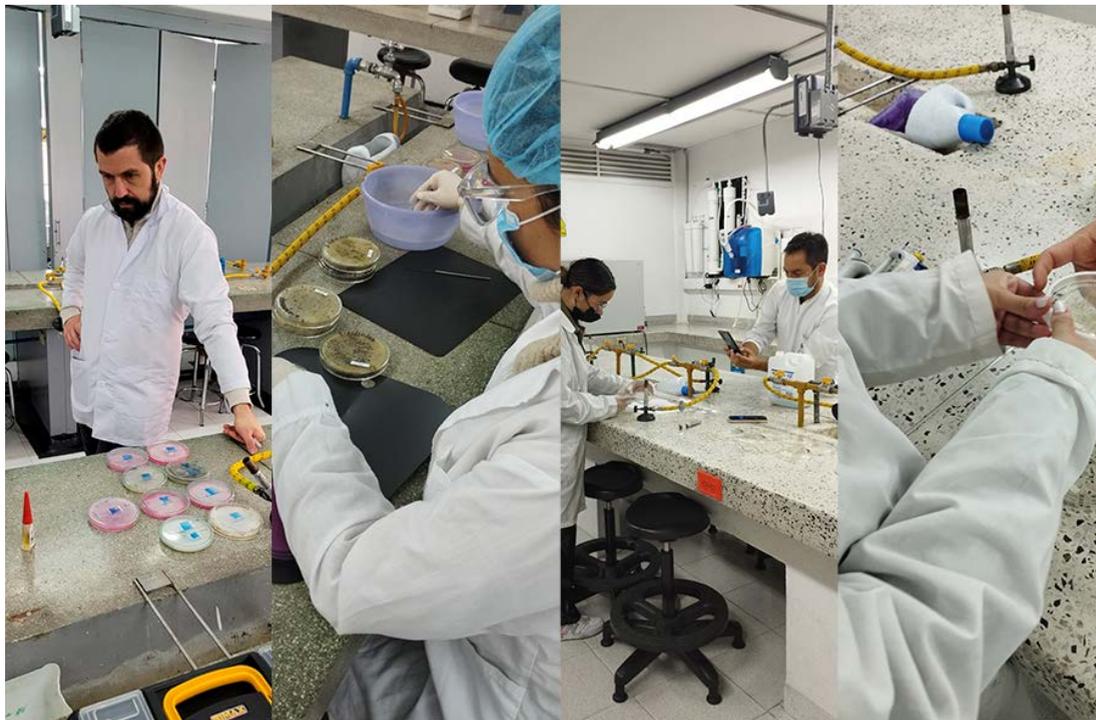


Fig. 6. Siembra de las muestras en medios específicos para el crecimiento fúngico, 2024. Fuente: Elaboración propia

## 2.4. AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LOS HONGOS

A partir de los crecimientos fúngicos individuales, se realizaron observaciones macro y microscópicas de las colonias para determinar el género de los microorganismos recuperados. Para la observación macroscópica se tuvo en cuenta el color del hongo por el anverso y reverso de la caja de Petri, el aspecto, la textura y la generación de pigmentos difusibles en el medio de cultivo (Fig. 7).

Para la observación microscópica, se tomó, con ayuda de una aguja de dirección, un fragmento de cada hongo recuperado en los agares y se colocaron en una lámina de vidrio con una gota del colorante azul de lactofenol, colorante que permite la observación detallada de los hongos y facilita su identificación microscópica (Fig. 8). Finalmente, se compararon los géneros identificados con la literatura científica para evaluar su impacto en el microbioma de viviendas en entornos vulnerables, y sus posibles implicaciones en la salud de los habitantes.



Fig. 7. Aislamiento fúngico en medios de cultivo Rosa de Bengala y Papa dextrosa, 2024. Fuente: Elaboración propia

**Imágenes vistas en el Microscopio**

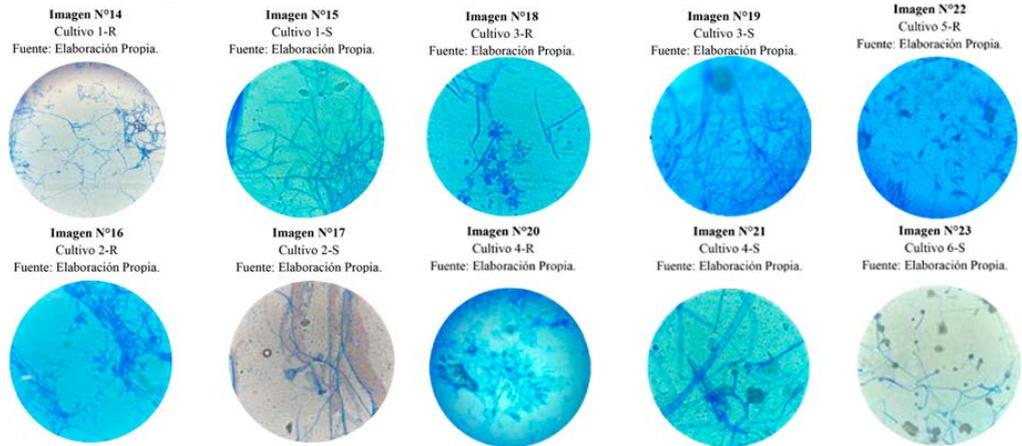


Fig. 8. Observación microscópica para identificación y clasificación del género de hongo, 2024. Fuente: Elaboración propia.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio reflejan la ubicuidad de los microorganismos en viviendas vulnerables y las implicaciones que esto tiene en la salud pública. El concepto de ubicuidad en microbiología es clave para entender su presencia en distintos ambientes. La ubicuidad que tienen los microorganismos se debe a cinco rasgos funcionales principales. En primer lugar, su tamaño microscópico —del orden de micrómetros—, que les brinda facilidades en la dispersión; en segundo lugar, su variabilidad, que les ayuda a ocupar nichos ecológicos muy distintos y variados; en tercer lugar, su flexibilidad metabólica, que les hace tolerar y adaptarse de forma rápida a presiones ambientales poco favorables; en cuarto lugar su capacidad genética, pues puede haber transferencia horizontal de genes, característica que les permite recombinar y recolectar los rasgos favorables; y en quinto lugar su capacidad de anabiosis o letargo que los hace persistir durante tiempos prolongados adaptándose a diferentes condiciones ambientales (Guerrero y Berlanga 2005). Por tanto, ubicuidad es un concepto fundamental en Ecología porque da cuenta de que los microorganismos son extremadamente adaptables y pueden colonizar una amplia variedad de nichos ecológicos (Willey, Sherwood, y Woolverton 2016).

De los puntos muestreados, se recuperaron cuatro géneros de hongos: *Trichoderma spp.*, *Mucor spp.*, *Penicillium spp.*, y *Rhizopus spp.*, todos aislados en áreas con condiciones de alta humedad y ventilación deficiente. Si bien estos géneros son cosmopolitas, su alta carga microbiana, influenciada por factores ambientales y arquitectónicos, representa un riesgo significativo para la salud de los residentes, al estar asociados con diversas infecciones que afectan tanto la piel como los sistemas respiratorio y neurológico, entre ellas, sinusitis, queratitis, otitis externa, infecciones de piel y subcutáneas, peritonitis, infecciones pulmonares, endocarditis y abscesos cerebrales. *Trichoderma spp.* se puede aislar de diversos sustratos ambientes y se han asociado a alergias y una serie de infecciones, entre ellas, sinusitis, queratitis, otitis externa, infecciones de piel y subcutáneas, peritonitis, infecciones pulmonares, endocarditis y abscesos cerebrales (Cruz-Choappa, Espinoza, y Morales-López 2022). Por su parte, *Mucor spp.* afecta principalmente la piel, mucosas, músculos, cartílagos y huesos, aunque la infección puede diseminarse a cualquier parte del cuerpo. Al ser una micosis de rápida evolución puede tener una mortalidad de hasta el 90% (Facultad de Medicina, UNAM 2021). El hongo *Penicillium spp.* se conoce como hongo dimórfico, es decir, patógeno y oportunista, el cual causa una micosis profunda o sistémica que se caracteriza por afectar pulmones, piel, médula ósea, y en particular el sistema reticuloendotelial (Carrillo, Hernández, y López 2017). Finalmente, *Rhizopus spp.* en niños puede ocasionar fiebre y congestión nasal. Si la enfermedad se disemina, puede afectar pulmones y cerebro y, en el peor de los casos, neumonía, convulsiones, parálisis y la muerte (Kelley 2006).

En el análisis microbiológico, se identificó la presencia de diversos hongos en distintos puntos de la vivienda. En el patio, *Trichoderma spp.* fue aislado en muros a 1.0 m y 0.8 de altura, así como en el suelo, mientras que se detectó *Mucor spp.* en otro muro a 0.8m y también en el suelo. En la cocina, se encontraron *Penicillium spp.* y *Rhizopus spp.* en muros a 0.5 m de altura, y *Mucor spp.* a 1.2 m de altura. En el baño, a 2.0 m de altura, se identificaron *Trichoderma spp.* y *Mucor spp.* Finalmente, en otro muro del patio, a 1.0 m de altura, se encontraron *Penicillium spp.* y *Rhizopus spp.* Estos resultados evidencian la proliferación de estos hongos en distintas superficies, particularmente en zonas húmedas y con baja ventilación, como indica la literatura referenciada.

Factores ambientales como la humedad relativa, las fluctuaciones de temperatura, la luz, la naturaleza de los nutrientes de soporte, las propiedades físicas de la superficie del objeto, el pH,

la presencia de polvo, el movimiento del aire, las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera son factores que favorecen el crecimiento de microorganismos. El contenido de humedad en un material es uno de los factores más importantes en el crecimiento microbiano que determina la cantidad de agua presente para la germinación de las esporas microbianas. Muchas especies de hongos y bacterias comienzan su desarrollo en función del contenido de humedad sobre la superficie de un objeto (Valentín 2008). Materiales porosos y rugosos, usualmente empleados para la construcción en contextos vulnerables, son determinantes para el crecimiento de microorganismos; la rugosidad, la porosidad, la textura y la naturaleza mineralógica influyen en la formación de biopelículas en las superficies rocosas, lo que agrava la acumulación de estos microorganismos (García 2021).

Este estudio confirma que, en espacios donde se carece de un adecuado control ambiental, las colonias de hongos pueden diseminarse rápidamente, afectando la calidad del aire y aumentando el riesgo de infecciones respiratorias y dermatológicas. La composición y la concentración de los microorganismos en el aire varía de acuerdo con factores ambientales que pueden beneficiar o perjudicar su crecimiento. Algunos de estos factores son el tipo de edificación, características de construcción, ubicación geográfica, número de personas presentes, actividades que se realizan, sistemas de ventilación, limpieza del sitio y condiciones micro climáticas como humedad relativa y temperatura” (Hernández y Ruiz 2019).

La fase de evaluación arquitectónica que siguió a la identificación microbiológica en la vivienda señaló que ésta no solo presentaba problemas físicos visibles, sino que las condiciones internas favorecían la acumulación microorganismos potencialmente patógenos. La fase de diseño fue crítica para traducir estos hallazgos en estrategias que no solo mejoran la construcción, sino que abordan de manera directa la salubridad interna del hogar. Estas estrategias fueron enfocadas en un cambio profundo del microbioma fúngico presente en las viviendas, buscando intervenciones, basadas en los resultados obtenidos y la literatura analizada, que promuevan ambientes más saludables y sostenibles a largo plazo. El proceso de trabajo con la comunidad y con estudiantes, aunque enfrentó retos logísticos, fue esencial para generar conciencia sobre la interacción entre los humanos y otros organismos en su entorno, promoviendo una educación sobre la importancia de un hábitat saludable. Al involucrar a los estudiantes y a la comunidad en la identificación y comprensión de estos microorganismos, se enmarca un inicio que refuerce la necesidad de enfoques holísticos y pluriversales para conectar la arquitectura con la microbiología y el bienestar social, sobretudo en entornos vulnerables.

Finalmente, la capacidad de estos microorganismos para adaptarse a distintos ambientes y su rápida tasa de reproducción expone la urgencia de desarrollar estrategias para el diseño arquitectónico desde la transdisciplinariedad. Por este motivo, este trabajo resalta la importancia de incentivar y promover, desde el territorio, ejercicios pedagógicos, aproximaciones arquitectónicas y estudios microbiológicos, que permitan a las poblaciones, en situación de riesgo, comprender y abordar de manera integral la calidad del aire interior y la salud habitacional (Fig. 9), (Fig. 10). En países como España, es posible evidenciar regulaciones mediante normativas como el Código Técnico de la Edificación, que establece criterios para garantizar ventilaciones adecuadas y mínimas, minimizando riesgos sanitarios asociados con la contaminación intradomiciliaria (Ministerio de Fomento 2017). En Colombia, existe la NTC 5183, que trata sobre la calidad de aire y la ventilación para espacios interiores (ICONTEC 2003). Sin embargo, estas visiones y normativas son en algunos casos, ajenas en contextos como los descritos en esta investigación.

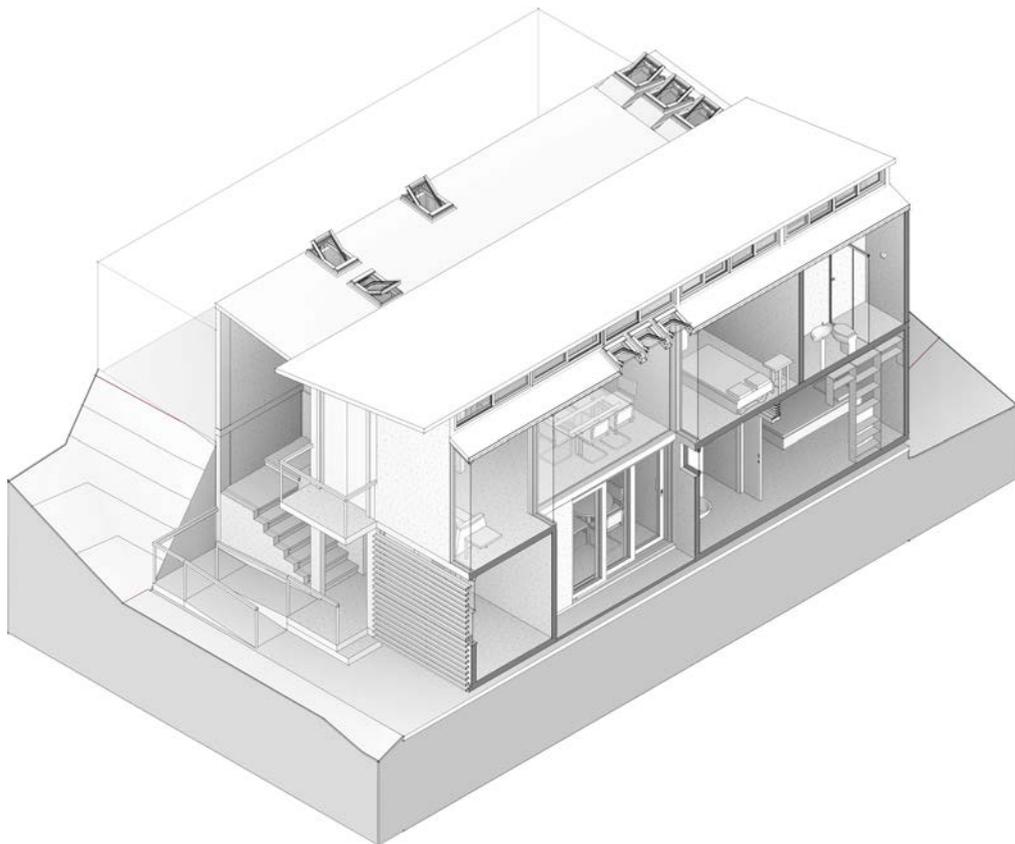


Fig. 9. Propuesta arquitectónica de la vivienda seleccionada con base en las estrategias de diseño, 2024.  
Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, es fundamental integrar soluciones que aborden la prevención de riesgos microbiológicos, combinado con la arquitectura, la pedagogía y la comunidad. De este modo, lograr la implementación de estrategias arquitectónicas que favorezcan la salubridad de las viviendas. A continuación, se presentan una serie de estrategias orientadas a mejorar la calidad del aire interior y las condiciones de habitabilidad.

- Ventilación y Control de Humedad: De acuerdo, con la información recolectada, se sugiere que la falta de ventilación adecuada es uno de los principales factores que favorecen la proliferación de hongos. En términos pedagógicos, es fundamental educar a las comunidades sobre la importancia de la ventilación cruzada y el uso de ventanas que permitan la entrada y circulación de aire fresco. A nivel arquitectónico, esto se puede lograr rediseñando las viviendas para incluir aberturas estratégicas en áreas clave como baños y cocinas —zonas húmedas—, donde la acumulación de humedad es mayor.

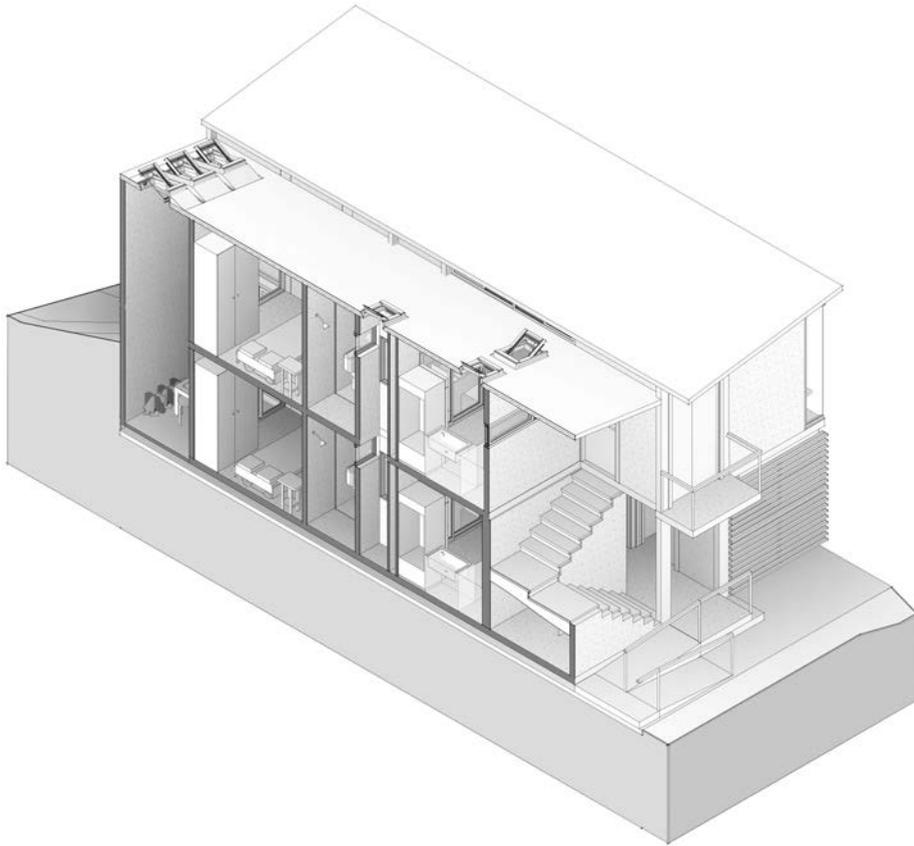


Fig. 10. Propuesta arquitectónica de la vivienda seleccionada con base en las estrategias de diseño, 2024.  
Fuente: Elaboración propia

Además, las carpinterías deben contar con un diseño propicio para que se genere una circulación de aire constante. También hay que considerar que el material particulado sube por el calor, en ese sentido, contemplar las alturas de aberturas en las partes altas de muros y carpinterías, así como las distancias entre las aberturas.

- Uso de Materiales de Construcción Adecuados: El estudio revela que la elección de materiales influye en la proliferación de microorganismos. Por lo tanto, es necesario promover el uso de materiales que sean menos propensos a la acumulación de humedad y que ofrezcan resistencia al crecimiento microbiano. Además, se deben incentivar construcciones acordes con las fichas técnicas de los materiales, en especial en las cubiertas, dado que viguetas, correas, pendientes, entre otros criterios de diseño adecuados, pueden incidir sustancialmente en la aparición de goteras o problemas estructurales de las cubiertas.
- Diseño para la Salud Ambiental: El vínculo entre el mal diseño arquitectónico y los problemas de salud es evidente. Desde un enfoque pedagógico, es crucial capacitar

a los habitantes y arquitectos en la comprensión y medición de los microambientes y sus efectos sobre la salud. Las estrategias de diseño deben enfocarse en la creación de espacios que promuevan la luz natural y la circulación de aire, reduciendo así los entornos favorables para el crecimiento de hongos. Además, contemplar especies de plantas que ayuden a la reducción de humedad.

- Aberturas y Carpinterías Cenitales: En las viviendas vulnerables, donde la fachada más pronunciada es la cubierta, se debe aprovechar esta superficie para incorporar aberturas cenitales que proporcionen ventilación e iluminación natural. Estas aberturas pueden incluir tragaluces o ventanas superiores con carpinterías con aperturas variables que faciliten el flujo de aire constante, reduciendo así la acumulación de humedad y mejorando la calidad del aire interior. Este tipo de soluciones no solo optimiza la ventilación natural, sino que también permite una entrada de luz cenital que mejora las condiciones de habitabilidad durante el día, disminuyendo la necesidad de iluminación artificial y favoreciendo la salud de los ocupantes al disminuir la exposición a ambientes cerrados propensos al crecimiento de hongos.
- Control mecánico de Factores Ambientales: La introducción de dispositivos sencillos como deshumidificadores y la instalación de sistemas de ventilación mecánica pueden ser alternativas viables en entornos donde la introducción de soluciones arquitectónicas puede ser difíciles. Enseñar a las familias sobre la importancia de mantener los niveles de humedad es esencial para el control del crecimiento microbiano.  
Progresividad de la Vivienda: Dado que muchas de estas viviendas tienen un carácter de progresividad, con expansiones horizontales y verticales, es crucial diseñar estrategias que se adapten a estos cambios, no solo desde una mirada estructural para el reforzamiento de la vivienda sino desde el diseño arquitectónico. Estas expansiones deben contemplar espacios secos y húmedos, sistemas de ventilación y control de humedad para mitigar la proliferación de hongos a medida que la vivienda crece. El diseño progresivo debe prever cómo las nuevas adiciones afectarán la ventilación, iluminación y la circulación del aire, en especial las circulaciones —corredores y escaleras—, asegurando que cada nueva fase de construcción no agrave las condiciones propicias para hongos patógenos.
- Replicabilidad del Modelo: Este estudio sugiere la posibilidad de replicar el modelo de diagnóstico microbiológico en otras áreas de Bogotá y de Colombia, con el fin de crear un marco de intervención más amplio con información más extensa sobre las causales de estos fenómenos. La aplicación de estos diagnósticos en viviendas con características similares podría ofrecer resultados que guíen la socialización de las políticas públicas hacia soluciones más integradas y saludables para la vivienda de origen informal.
- Productividad en la Vivienda Las viviendas en estos contextos no solo son espacios habitacionales, sino también centros productivos donde la actividad económica familiar se integra al espacio doméstico. Incorporar áreas diseñadas para la fungicultura y otras formas de agricultura urbana dentro de la vivienda permitiría convertir un potencial conflicto, como la presencia de hongos, en una oportunidad para la productividad. Espacios dedicados a la producción de hongos comestibles o plantas pueden aprovechar las condiciones de humedad de manera controlada y positiva, cambiando las dinámicas actuales y proporcionando ingresos a las familias. Esta integración de agricultura urbana en el diseño arquitectónico puede mejorar las condiciones de vida y promover la resiliencia económica y sostenibilidad alimentaria en el entorno doméstico.

## 5. CONCLUSIONES

Este trabajo permitió visibilizar, a través del microscopio, aquellos organismos microscópicos que forman parte del entorno cotidiano. Este proceso no solo generó conciencia en los estudiantes, sino también en la familia que habitaba la casa y en el equipo de trabajo, logrando un proceso para visibilizar, clasificar y entender el microbioma fúngico. Además, esta mirada detallada de microorganismos resaltó la necesidad de colaboración transdisciplinaria entre la microbiología, la arquitectura, estudiantes universitarios y la comunidad, promoviendo una visión de la construcción no como un espacio aislado, sino como parte de un ecosistema interdependiente. La investigación subraya la necesidad de una arquitectura más consciente, que integre los principios de la vivienda saludable, promoviendo la ventilación adecuada y el control de humedad, partiendo desde una mirada pluriversa. Esto no solo mejora las condiciones estructurales, sino también la salud física y mental de los habitantes. Además, este estudio plantea la importancia de abordar la vivienda vulnerable desde un enfoque holístico, porque las intervenciones arquitectónicas deben ir más allá de lo evidente para crear ambientes saludables que minimicen la proliferación de patógenos. Para ello, es necesario incorporar estrategias de diseño, pedagógicas y de concientización que capaciten a las comunidades y a los arquitectos en la gestión de los espacios y en la adopción de prácticas de salubridad adecuadas que permitan futuros innovadores.

Sin embargo, lograrlo conlleva varios retos que complican la implementación de la propuesta. Uno de los principales desafíos es el acercamiento a la comunidad, debido a la lejanía del barrio y las situaciones de seguridad que limitan el acceso frecuente a las viviendas. Además, la vivienda representa mucho más que un elemento físico para sus habitantes, por lo que tomar muestras puede ser complicado tanto por el proceso como por la percepción de la comunidad sobre la intervención. Otro desafío es la dificultad técnica para llevar equipos especializados y realizar mediciones precisas de las condiciones de habitabilidad, como la humedad relativa o los niveles de CO<sub>2</sub>. Estos equipos requieren transporte adecuado, así como monitoreo constante, lo cual es complicado por las limitaciones de recursos y tiempo. Además, al ser un proyecto que se origina en un ambiente académico, pueden generarse expectativas en la comunidad sobre intervenciones físicas, lo cual es problemático, ya que las posibilidades del ejercicio no permiten ese tipo de acciones. Por último, la duración limitada de un trabajo de este tipo dificulta la implementación de una propuesta más completa que abarque todas las variables necesarias para diseñar intervenciones coherentes y sostenibles.

Si bien se enfrentaron diversos desafíos, como las dificultades logísticas, técnicas y la brecha entre las expectativas comunitarias y los alcances del proyecto arquitectónico en un entorno académico, el estudio puso en evidencia la necesidad de establecer visiones que integren las realidades locales con soluciones a largo plazo. Lograr intervenciones coherentes, basadas en el entendimiento profundo de los microbiomas y las dinámicas sociales, permitiría crear entornos más saludables y resilientes. En este sentido, la arquitectura, en especial en contextos de expansiones urbanas en territorios marginales con déficits cualitativos de vivienda, como el de Bogotá, debe diseñarse para que se integre con los principios de una vivienda saludable, que incluya protección contra enfermedades transmisibles, buena ventilación, eliminación higiénica de desechos y abastecimiento de agua potable, así como espacios que reduzcan el estrés psicológico y proporcionen bienestar. Lo anterior, puede partir de enfoques proyectuales innovadores que permitan una concientización de los conflictos para llevar a cabo medidas holísticas incorporadas a las problemáticas.

Este trabajo busca demostrar la importancia de visibilizar y subjetivar los microorganismos que coexisten en las viviendas vulnerables, y cómo estos pueden afectar la salud de los habitantes y también dar respuestas a las malas condiciones de habitabilidad. La investigación no solo permitió a los estudiantes, comunidades y profesionales involucrados profundizar en la interacción entre microbiología y arquitectura, sino también resaltar la urgencia de diseñar viviendas desde una perspectiva microscópica, holística e inclusiva. Finalmente, este estudio invita a repensar la arquitectura y la microbiología como disciplinas interdependientes, capaces de transformar la vida de las personas desde un enfoque pluriversal. La colaboración entre ciencias, el compromiso comunitario y el diseño arquitectónico puede ser la base para construir ciudades más inclusivas y sostenibles, en las que la salud, el bienestar de los habitantes, y el entendimiento de “los otros” estén en el centro de las intervenciones.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Moreno, Carlos A., Jorge A. Cortes, y David W. Denning. 2018. “Burden of Fungal Infections in Colombia.” *Journal of Fungi* 4 (2): 1–13. <https://doi.org/10.3390/jof4020041>
- Asobancaria. 2022. “Boletín Económico No. 1317.” Asobancaria. [https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/2022/02/1317\\_BE.pdf](https://www.asobancaria.com/wp-content/uploads/2022/02/1317_BE.pdf)
- Carrillo, Manuel A., Esther D. C. Ferraez, Ángel Reyes, Verónica Sánchez, Laura O. Estrada, Arturo Gómez. 2017. *Peniciliosis cervicofacial: Reporte de dos casos y revisión de literatura*. México: Editorial Renaissance. <https://dentistaypaciente.com/enciclopedia-odontologica-111.html>
- Chen, Zhi-Feng, y Guang-Guo, Ying. 2015. “Occurrence, Fate and Ecological Risk of Five Typical Azole Fungicides as Therapeutic and Personal Care Products in the Environment: A Review.” *Environment International*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.07.022>
- Cruz-Choappa, Rodrigo, Francisca Amigo, y Adrian Goecke. 2022. “El Género *Trichoderma*.” *Revista Chilena de Infectología* 39 (4). <https://doi.org/10.4067/s0716-10182022000400499>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2021. *Encuesta Multipropósito 2021*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/encuesta-multiproposito>
- Facultad de Medicina, UNAM. 2021. “Mucormicosis, la Enfermedad Producida por el Hongo Negro.” *Gaceta de la Facultad de Medicina, UNAM*. <https://gaceta.facmed.unam.mx/index.php/2021/06/24/mucormicosis-la-enfermedad-producida-por-el-hongo-negro/>
- Garrett, Rayment, Hooper, Abramson. 2001. “Indoor Airborne Fungal Spores, House Dampness and Associations with Environmental Factors and Respiratory Health in Children.” *Clinical and Experimental Allergy* 28 (4): 459–467. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2222.1998.00255.x>
- García, Ginary. 2021. *Biocolonización de Patrimonio en Piedra: Una Revisión*. Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Cajicá, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/06b08175-4c9e-45b3-8e47-76866ea82332/content>
- García-Ubaque, Cesar A., Juan C. García-Ubaque, Paula. F. García-Benítez. 2020. “Health Risk Factors Associated with Housing Habitability in High Vulnerability Areas in Bogotá, Colombia.” *Revista de Salud Pública* 22 (5): 1–7. <https://doi.org/10.15446/rsap.V22n5.87018>
- Gilbert, Jack A., y Erica M. Hartmann. 2024. “The Indoors Microbiome and Human Health.” *Nature Reviews Microbiology*. <https://doi.org/10.1038/s41579-024-01077-3>

- Guerrero, Ricardo, y Marcé Berlanga. 2005. "Microbios en la Niebla: Descubriendo el Papel de los Microbios en la Biosfera." *Ecosistemas* 14 (2): 3–10.
- Haber, Alejandro F. 2009. "Animism, Relatedness, Life: Post-Western Perspectives." *Cambridge Archaeological Journal* 19 (3): 418–430. <https://doi.org/10.1017/S0959774309000602>
- Hernández, Maylin X., Loaiza Hernández, y Lyseth T. Ruiz. 2019. *Análisis del Riesgo Microbiológico del Aire en Dos Laboratorios de la Universidad Santo Tomás Sede Villavicencio Campus Aguas Claras*. Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21711/2020maylinloaiza?sequence=5>
- Hidalgo, Alberto. 2019. "Las Ciudades." *España No Existe* 30: 61–62. <https://doi.org/10.31819/9783954871841-004>
- Krishnamurthy, Sukanya. 2019. "Reclaiming Spaces: Child Inclusive Urban Design." *Cities and Health* 3 (1–2): 86–98. <https://doi.org/10.1080/23748834.2019.1586327>
- Kelley, Thomas. 2006. "Immunizations & Infectious Diseases: An Informed Parent's Guide." *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 160 (9): 986–986. <https://doi.org/10.1001/archpedi.160.9.986>
- Kumar, Tanu. 2021. "The Housing Quality, Income, and Human Capital Effects of Subsidized Homes in Urban India." *Journal of Development Economics* 153: 102738. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102738>
- Langebaek, Carl. Entrevista por Patrick Morales Thomas. 2023. "En Voz Alta, Arqueología: Leer Mundos Distintos." [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=RIo3gxxMI2U>
- Lawrence, Luis C. 2008. "La Concientización de Paulo Freire." *Revista Historia de la Educación Colombiana* 11: 51–72. [https://sired.udenar.edu.co/6687/1/Articulo3\\_Vol11.pdf](https://sired.udenar.edu.co/6687/1/Articulo3_Vol11.pdf)
- McFall-Ngai, Margaret, Michael. G. Hadfield, y Thomas C. G. Bosch, y Jennifer J. Wenegreen. 2013. "Animals in a Bacterial World, a New Imperative for the Life Sciences." *PNAS* 110 (9): 3229–3236. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218525110>
- Ministerio de Fomento. 2017. *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS3: Calidad del Aire Interior*. España. <https://assets.aldes.es/assets/documentos/cte-db-hs3-calidad-del-aire-interior.pdf>
- Nevalainen, Aino, Martin Täubel, y Anne Hyvärinen. 2015. "Indoor Fungi: Companions and Contaminants." *Indoor Air*. <https://doi.org/10.1111/ina.12182>
- Secretaría Distrital del Hábitat. (2021). *Territorio priorizado de mejoramiento* [Imagen editada]. Datos Abiertos Bogotá. Recuperado el 29 de enero del 2025, de <https://www.datos.gov.co/>
- Secretaría Distrital de Salud. 2023a. "Prevalencia de Sibilancias y Tos en la Noche en Niños Menores de 14 Años en Bogotá D.C." Observatorio de Salud de Bogotá. <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/indicadores/prevalencia-de-sibilancias-y-tos-en-la-noche-en-ninos-menores-de-5-anos-en-bogota-d-c/>
- Secretaría Distrital de Salud. 2023b. "Prevalencia de Sibilancias y Tos en la Noche en Niños Menores de 5 Años en Bogotá D.C." Observatorio de Salud de Bogotá. <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/indicadores/prevalencia-de-sibilancias-y-tos-en-la-noche-en-ninos-menores-de-14-anos-en-bogota-d-c/>
- Swisscontact. 2013. *Sostenibilidad y eficiencia de la vivienda informal en Bogotá*. [https://www.swisscontact.org/\\_Resources/Persistent/4/8/5/b/485b07e30f8c0626479be2d8a2c177eae3a42adb/Caracterizacion\\_socioeconomica\\_\\_\\_estructural\\_\\_ambiental\\_y\\_de\\_salubridad\\_de\\_la\\_vivienda\\_informal\\_en\\_Bogota.pdf](https://www.swisscontact.org/_Resources/Persistent/4/8/5/b/485b07e30f8c0626479be2d8a2c177eae3a42adb/Caracterizacion_socioeconomica___estructural__ambiental_y_de_salubridad_de_la_vivienda_informal_en_Bogota.pdf)
- Swisscontact, Facultad de Arquitectura y Diseño, Instituto Javeriano de Vivienda y Urbanismo, Facultad de Medicina, & Instituto de Promoción de la Salud. 2015. *Principales amenazas de salud física y mental en la vivienda informal de Bogotá*. [https://www.swisscontact.org/\\_Resources/Persistent/d/4/1/b/d41b74a1b7c7bc96eb5e43aa9c37c257c4733899/Principales\\_amenazas\\_de\\_salud\\_fisica\\_y\\_mental\\_en\\_la\\_vivienda\\_informal\\_de\\_Bogota.pdf](https://www.swisscontact.org/_Resources/Persistent/d/4/1/b/d41b74a1b7c7bc96eb5e43aa9c37c257c4733899/Principales_amenazas_de_salud_fisica_y_mental_en_la_vivienda_informal_de_Bogota.pdf)

- Organización de las Naciones Unidas. 2022. *Reporte mundial de las ciudades: World city report 2022*. Naciones Unidas. [https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr\\_2022.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf)
- Valentín, Nieves. 2008. Biodeterioro de los bienes culturales. Materiales orgánicos. En *La ciencia y el arte: Ciencias experimentales y conservación del patrimonio histórico* (pp. 190–195). Instituto del Patrimonio Histórico Español. [https://libreria.cultura.gob.es/libro/la-ciencia-y-el-arte-ciencias-experimentales-y-conservacion-del-patrimonio-historico\\_2113/edicion/ebook-3504/](https://libreria.cultura.gob.es/libro/la-ciencia-y-el-arte-ciencias-experimentales-y-conservacion-del-patrimonio-historico_2113/edicion/ebook-3504/)
- Viveiros de Castro, Eduardo. 2019. Exchanging perspectives: The transformation of objects into subjects in Amerindian ontologies. *Common Knowledge*, 25(1–3), 21–42. <https://doi.org/10.1215/0961754X-7299066>
- Willey, Joanne M., Linda M. Sherwood, y Christopher J. Woolverton. 2016. Prescott, Harley, and Klein's Microbiology (7ª ed.). McGraw-Hill Education. [https://archive.org/details/Microbiology\\_7\\_edition\\_by\\_Joanne\\_Willey\\_Linda\\_Sherwood\\_Chris\\_Woolverton/page/n1/mode/2up](https://archive.org/details/Microbiology_7_edition_by_Joanne_Willey_Linda_Sherwood_Chris_Woolverton/page/n1/mode/2up)
- Yunda, Juan G., Olga Ceballos-Ramos, y Milena Rincón-Castellanos. 2022. "The Challenge of Low-Income Housing Quality in Latin American Cities: Lessons from Two Decades of Housing Policies in Bogotá." *Housing Studies* 37 (10): 1877–95. <https://doi.org/10.1080/02673037.2020.1867080>

## BREVE CV

**Alejandro Serrano Sierra.** Alejandro Serrano Sierra es un arquitecto e investigador que trabaja en la integración de biomateriales y tecnologías digitales en el diseño arquitectónico. Su trabajo promueve métodos sostenibles en la construcción, destacando el uso del micelio y la incorporación de enfoques innovadores que fusionan arte, arquitectura y diseño. Se enfoca en procesos biosemióticos aplicados a la arquitectura, junto con la integración de herramientas tecnológicas avanzadas. A lo largo de su carrera, ha trabajado en el sector público, privado y académico, lo que le ha permitido impulsar la innovación arquitectónica, con un profundo interés en generar impacto positivo en comunidades vulnerables.

**Luis David Gómez Méndez.** Luis David Gómez Méndez es microbiólogo de la Universidad de Los Andes, Bogotá-Colombia, con Maestría en Microbiología y Doctorado en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia. Cuenta con 25 años de experiencia en la docencia en la Pontificia Universidad Javeriana, en las áreas de microbiología general y ambiental. Es miembro del Grupo de Investigaciones en Biotecnología Ambiental e Industrial (GBAI), donde participa en la línea de investigación en Biodegradación y Biodeterioro. Desde 2019, lidera el Semillero de Investigación en Degradación de Polímeros Plásticos Contaminantes, en el que se realizan investigaciones básicas y aplicadas sobre la degradación de plásticos a través de pretratamientos fisicoquímicos y tratamientos microbiológicos.

**Luna Valentina Rey Manrique.** Luna Valentina Rey Manrique es arquitecta graduada de la Pontificia Universidad Javeriana en 2024. Su trabajo de grado se enfocó en el estudio y muestreo de microorganismos en viviendas vulnerables, explorando la relación entre la arquitectura, la microbiología y la salud ambiental. Su investigación fue un inicio para desarrollar estrategias de diseño que mejoren las condiciones de habitabilidad y reduzcan la proliferación de agentes patógenos en entornos urbanos precarios.