

Gestión del riesgo hídrico en patrimonio museístico: un modelo metodológico para identificar factores de vulnerabilidad en el Museo de Antioquia (Colombia)

Manuel Benito Niño Jiménez, Mónica Moreno Falcón, Rocío Ortiz Calderón

Resumen: El presente artículo desarrolla una herramienta metodológica para evaluar la vulnerabilidad de los bienes patrimoniales y los espacios museográficos ante el riesgo de inundación, aplicada como estudio de caso en el Museo de Antioquia (Medellín, Colombia). La investigación parte del reconocimiento de las amenazas hídricas como uno de los mayores peligros para los museos y sus colecciones, especialmente en contextos urbanos con infraestructura deficiente y alta exposición a eventos climáticos extremos. Para evaluar el riesgo hídrico de una institución, este artículo adapta y combina dos metodologías existentes: QuiskScan, para valorar la significancia y el estado de conservación de las colecciones; y Art-Risk, para establecer índices de vulnerabilidad hídrica tanto a nivel de objeto como de sala. Los resultados revelaron que la vulnerabilidad responde a la interacción de factores estructurales, museográficos y operativos, y mostró que las bodegas de almacenamiento del museo presentan los mayores niveles de riesgo debido a su ubicación, condiciones físicas y estrategias de conservación inadecuadas. La herramienta propuesta permite orientar acciones preventivas, justificar decisiones de conservación y mejorar la resiliencia institucional ante desastres hídricos.

Palabras clave: conservación preventiva, gestión del riesgo, QuiskScan, Art-Risk, Museo de Antioquia, inundación, vulnerabilidad

Water Risk Management in Museum Collections: A Methodological Model for Identifying Vulnerability Factors at the Museo de Antioquia (Colombia)

Abstract: This article develops a methodological tool for assessing the vulnerability of heritage assets and museographic spaces to flood risk, applied as a case study at the Museo de Antioquia (Medellín, Colombia). The research is grounded in the recognition of water-related risks as one of the greatest hazards to museums and their collections, particularly in urban contexts with deficient infrastructure and high exposure to extreme weather events. To assess the water-related risk of an institution, this article adapts and combines two existing methodologies: QuickScan, to evaluate the significance and state of conservation of collections; and Art-Risk, to establish water vulnerability indices at both the object and room levels. The results revealed that vulnerability stems from the interaction of structural, museographic, and operational factors, and showed that the museum's storage facilities present the highest levels of risk owing to their location, physical conditions, and inadequate conservation strategies. The proposed tool makes it possible to guide preventive actions, justify conservation decisions, and improve institutional resilience to water-related disasters.

Keywords: preventive conservation, water risk management, QuiskScan, Art-Risk, Museo de Antioquia, flooding, vulnerability

Gestão do risco hídrico no património museológico: um modelo metodológico para identificar fatores de vulnerabilidade no Museu de Antioquia (Colômbia)

Resumo: O presente artigo desenvolve uma ferramenta metodológica para avaliar a vulnerabilidade dos bens patrimoniais e dos espaços museográficos face ao risco de inundação, aplicada como estudo de caso no Museu de Antioquia (Medellín, Colômbia). A investigação parte do reconhecimento das ameaças hídricas como um dos principais perigos para os museus e as suas coleções, especialmente em contextos urbanos com infraestruturas deficientes e elevada exposição a fenómenos climáticos extremos. Para avaliar o risco hídrico de uma instituição, este artigo adapta e combina duas metodologias existentes: o QuiskScan, para avaliar a significância e o estado de conservação das coleções; e o Art-Risk, para estabelecer índices de vulnerabilidade hídrica, tanto ao nível do objeto como da sala. Os resultados revelaram que a vulnerabilidade decorre da interação entre fatores estruturais, museográficos e operacionais, demonstrando ainda que as reservas do museu apresentam os níveis mais elevados de risco devido à sua localização,

condições físicas e estratégias de conservação inadequadas. A ferramenta proposta permite orientar ações preventivas, fundamentar decisões de conservação e melhorar a resiliência institucional perante desastres relacionados com a água.

Palavras-chave: Conservação preventiva, gestão do risco, QuiskScan, Art-Risk, Museu de Antioquia, inundação, vulnerabilidade

Introducción

Los museos y sus colecciones están expuestos a múltiples amenazas de origen natural, biológico y antrópico, entre ellas sismos, inundaciones, huracanes, lluvias torrenciales, plagas provocadas por insectos o microorganismos, robos, actos de vandalismo, incendios, fallos mecánicos y estructurales (Kuzucuoğlu 2014; David Tremain 2018; Shaheen Othman and Ismail 2018). Estas amenazas pueden manifestarse de forma independiente o encadenada y generar daños sobre el patrimonio cultural cuando interactúan con condiciones de vulnerabilidad y exposición. La magnitud de sus impactos depende de las características del evento como de los niveles de vulnerabilidad del entorno y la respuesta institucional para anticipar, responder y recuperarse de sus efectos (Fuchs Birkmann and Glade 2012; Papathoma-Köhle, Promper and Glade 2016; Miranda and Ferreira 2019)

Entre todas las amenazas, las de origen hídrico —especialmente las inundaciones— son las más frecuentes y destructivas (Zaveri 2014; De Lucia, Amaddii and Arrighi 2024). Como fenómeno recurrente en muchas partes del planeta, las inundaciones constituyen eventos con un alto potencial de daño, cuya frecuencia y magnitud varían según la zona afectada (Ma *et al.* 2006; Papathoma-Köhle, Promper and Glade 2016; Tascón-González *et al.* 2020). Una inundación supone una irrupción abrupta en las comunidades o sociedades afectadas y tiene el potencial de convertirse en un desastre, que provoque pérdidas parciales o irreparables, así como impactos en los sistemas materiales, económicos, sociales y ambientales (Naciones Unidas (UNISDR) 2009; Zhou *et al.* 2015).

En entornos urbanos, las inundaciones están estrechamente vinculadas con las lluvias intensas y la compleja interacción entre la traza urbana, los cauces naturales, las corrientes efímeras menores y los sistemas de drenaje. Históricamente, las ciudades han encauzado, modificado y alterado estas dinámicas, lo que ha incrementado el riesgo de inundación. Cuando los flujos de agua superan la capacidad del sistema para distribuir y evacuar el agua, pueden producirse fallas en la infraestructura, lo que a su vez puede derivar en desastres (Lanza 2003; Peter Rhodes 2015; De Lucia, Amaddii and Arrighi 2024). Esta amenaza se intensifica si los medios humanos, tecnológicos o la infraestructura destinada a la contención, respuesta y recuperación de inundaciones fallan. La estrecha correlación entre las variables de peligrosidad y vulnerabilidad, así como la inexistencia de mecanismos de gobernanza del riesgo puede potenciar los efectos del agua en áreas potencialmente expuestas a altos niveles de peligrosidad, que contienen elementos vulnerables (Lanza 2003; Tascón-González *et al.* 2020).En el ámbito del patrimonio cultural, las inundaciones representan una amenaza inmediata para las edificaciones patrimoniales y las instituciones museísticas y archivísticas. Aunque la infraestructura de los museos puede generar una falsa sensación de seguridad frente a una inundación (Tascón-González *et al.* 2020), muchos de estos espacios fueron diseñados con especificaciones técnicas que no contemplan adecuadamente la preservación de objetos patrimoniales durante situaciones de emergencia. En consecuencia, características como la ubicación, la estructura, la distribución o incluso la anatomía del museo, que en condiciones normales garantizan su funcionalidad, pueden convertirse en factores que incrementan los niveles de riesgo para las colecciones expuestas y almacenadas durante una emergencia hídrica (Brokerhof *et al*. 2017). El riego se intensifica cuando los museos están ubicados cerca de líneas o cuerpos de agua (Boinas, Guimarães and Delgado 2016).

El agua, independientemente de su origen, puede ingresar a un museo por diferentes puntos, ya sea de manera simultánea o independiente. Por lo general, fluye hacia el punto más bajo del edificio, aunque su trayectoria puede ser errática e impredecible. La interacción entre factores externos como desbordamientos de cauces o fallas en los sistemas de drenaje y factores internos asociados a las características constructivas e instalaciones del inmueble puede dificultar la identificación de las rutas de ingreso y circulación del agua. No obstante, el análisis de registros de situaciones anteriores puede ayudar a reconocer los factores desencadenantes y las trayectorias que sigue el agua a través del inmueble (Brokerhof *et al*. 2017; David Tremain 2018). Desde la parte superior, puede ingresar a través de techos deteriorados, tuberías defectuosas o filtraciones desde pisos superiores, especialmente en casos de lluvias intensas, tormentas o fugas. Lateralmente, puede infiltrarse por grietas en las paredes o a través de materiales porosos como piedra u hormigón, lo que puede agravarse por la presencia de embalses cercanos, inundaciones o acumulación de agua de lluvia. Desde la base, el ascenso del agua ocurre por filtraciones subterráneas o por la saturación de sistemas de alcantarillado, siendo la calidad de los pisos y materiales constructivos un factor clave para mitigar este problema en las áreas más bajas (Matthews, Smith and Knowles, no date; Brokerhof *et al.* 2017; David Tremain 2018; Salazar, Figueiredo and Romão 2024) Filtraciones en grietas, fisuras en paredes, ventanas mal selladas, techos deteriorados y puertas defectuosas son algunos de los puntos vulnerables, que además de poner en peligro la estructura del edificio afectan directamente la conservación de los objetos, especialmente aquellos en depósitos subterráneos o mal acondicionados (Zaveri 2014; Brokerhof *et al.* 2017; Momčilović Petronijević and Petronijević 2022). Además, problemas en las redes hídricas, como tuberías rotas, fugas, desbordamiento de canaletas o el mal uso del agua dentro del edificio, pueden generar acumulaciones de humedad y comprometer la conservación de las colecciones. La magnitud de los daños estará condicionada por la eficacia de

las barreras de protección, el estado estructural del inmueble y las medidas implementadas para gestión del agua en los espacios destinados a la preservación de las colecciones(Brokerhof *et al.* 2017; David Tremain 2018; Momčilović Petronijević and Petronijević 2022).

Más allá de su exposición al peligro y de la vulnerabilidad del edificio, muchos museos enfrentan un problema aún más crítico: la sobrepoblación excesiva de colecciones y la falta de documentación adecuada de los objetos almacenados. Esta situación genera malas condiciones de almacenamiento, sobrecarga de estanterías, unidades de almacenamiento y mobiliario, lo que dificulta las tareas de conservación preventiva y limita el acceso a los bienes culturales bajo custodia (Lambert and Simon 2011). Como consecuencia, la capacidad de ubicar adecuadamente las colecciones también se ve comprometida, por lo que numerosos objetos terminan exhibiéndose o almacenándose en espacios con características desfavorables. Entre ellas se encuentran espacios con grandes ventanales o la ubicación en pisos bajos o altos con techos en mal estado. Asimismo, piezas aproximadas a sistemas de equipos de acondicionamiento de aire y drenajes inadecuados, o almacenadas en sótanos y depósitos subterráneos, altamente vulnerables y amenazado a las inundaciones (Brokerhof *et al.* 2017; David Tremain 2018).

Esta carencia de planificación también obstaculiza la identificación y el control de las colecciones, aumentando el riesgo de deterioro o pérdida en caso de un evento de desastre, como una inundación. Frente a este escenario, el método RE-ORG, desarrollado por el ICCROM y la UNESCO se presenta como una herramienta metodológica para recuperar el control de las colecciones almacenadas. Sin embargo, a pesar de este esfuerzo y estar respaldados por organizaciones internacionales rara vez moviliza responsables en contexto museales y su implantación sigue siendo baja (Lambert and Simon 2011; Antomarchi *et al.* 2021). En este sentido, las características constructivas y el estado de conservación de sus elementos pueden favorecer el ingreso de agua y aumentar la vulnerabilidad de las colecciones frente al riesgo hídrico.

El impacto de una inundación dependerá de la combinación de factores como: (1) la intensidad y duración del evento, (2) la profundidad, (3) la cantidad de agua en movimiento, (4) el tiempo de exposición, (5) la materialidad y la vulnerabilidad de los objetos, (6) el nivel de contaminación del agua y (7) la velocidad de respuesta ante la emergencia (Momčilović Petronijević and Petronijević, 2022; De Lucia, Amaddii and Arrighi 2024). En general, una inundación es un evento destructivo y devastador, que causa daños significativos en la infraestructura y los bienes patrimoniales (Tascón-González *et al.* 2020).

El agua genera humedad en el subsuelo, provoca erosión, debilita los cimientos y favorece el deterioro de muros y pisos, acelerando la degradación de los elementos estructurales que garantizan la integridad funcional del edificio (Brokerhof *et al.* 2017; David Tremain 2018; Figueiredo, Romão and Paupério 2020; Florescu *et al.* 2022). En el interior de los depósitos, altera los niveles de humedad y temperatura, lo que genera cambios microclimáticos significativos que afectan la estabilidad y conservación de la materialidad de los objetos. Los daños ocasionados por una inundación no pueden eliminarse por completo; sin embargo, tras una emergencia, el objetivo principal es mitigar sus consecuencias y fortalecer la resiliencia de los museos ante el riesgo para evitar desastres(Brokerhof *et al*. 2017; David Tremain 2018; Trizio *et al.* 2021)

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo presentar un modelo capaz de evaluar las variables de vulnerabilidad de los espacios de exhibición y almacenamiento permanentes, así como de los objetos de un museo ante el riesgo de inundación, y testar el uso de dicho instrumento en el Museo de Antioquia, entorno patrimonial que documentó fuertes episodios de inundación entre 2016 y 2021. Se espera que los resultados obtenidos sirvan para identificar los principales puntos que favorecerían una reducción de la vulnerabilidad y fortalecimiento de la institución frente a futuras emergencias hídricas.

El Museo de Antioquia como caso de estudio

El Museo de Antioquia está ubicado en el centro de la ciudad de Medellín, Colombia [Figura 1a], una zona dinámica, que concentra gran parte del tejido económico y comercial de la ciudad y que evidencia un alto índice de problemáticas de tipo social, económico y ambientales características de centros urbanos densamente poblados. En su interior custodia



Figura 1.- Museo de Antioquia, (a) relación espacial entre el Museo de Antioquia y el recorrido cubierto de la Quebrada Santa Elena en el centro de Medellín, principal elemento hidrológico asociado al riesgo de inundación analizado en este estudio (Elaboración a partir de F4map, 2025); (b) Vista panorámica del Museo de Antioquia desde la Plaza Botero (Museo de Antioquia - Google Earth 2024)

una colección diversa de bienes muebles patrimoniales constituida por objetos de múltiples materialidades y expresiones culturales y artísticas. El grueso de las colecciones está compuesto por obras de artes gráficas, fotografías, documentos históricos, objetos testimoniales, bibliográficos y arqueológicos, de gran valor para la investigación de la historia y el arte en Colombia y en Latinoamérica.

La ciudad donde se sitúa el museo se encuentra bajo la influencia de un clima tropical monzónico, con temperaturas moderadas y estables a lo largo del año. Las precipitaciones presentan un comportamiento bimodal, con dos estaciones lluviosas bien definidas: la primera entre marzo y junio, y la segunda de septiembre a diciembre. Los picos más altos de lluvia suelen registrarse en los meses de abril y noviembre, lo que incrementa la probabilidad de inundaciones en áreas cercanas a los ríos y quebradas. Esta dinámica hidrometeorológica complejiza aún más las condiciones sociales y ambientales del centro de la ciudad (Alcaldía de Medellín 2021).

El museo está ubicado en el antiguo Palacio Municipal [Figura 1b], un edificio adaptado a finales de los años noventa para la conservación y exhibición de sus colecciones. La edificación se levantó sobre una zona intervenida por las obras de canalización de la Quebrada Santa Elena a inicios del siglo XX [Figura 1a]. En el tramo de la quebrada en el que se ubica el museo, el flujo de agua recibe aportes adicionales de aguas combinadas, principalmente aguas lluvias mezcladas con aguas residuales urbanas, especialmente a través de las conexiones con la red de alcantarillado de las calles (Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2018).

Actualmente, la quebrada presenta problemas de contaminación por residuos sólidos y aguas negras, además de fallas estructurales en su tramo cubierto cercano al museo y un alto riesgo de inundación a lo largo de su recorrido. (Alcaldía de Medellín- Secretaría de Planeación, 1999; Tabares 2021). A esta problemática se suma la falta de sistemas hidráulicos eficientes para el transporte y descarga de aguas pluviales, lo que incrementa el riesgo de desbordamientos y favorece fenómenos como el movimiento de masas de tierra, el levantamiento del pavimento, saturación del suelo y el rebosamiento de alcantarillas (Alcaldía de Medellín 2021), lo que condiciona su exposición constante al riesgo hídrico. Como resultado de todas estas problemáticas, el área del museo y sus alrededores registró desbordamiento de la quebrada en los años 2016 y 2021. En ambos eventos, el cauce excedió la capacidad del sistema de alcantarillado, provocando inundaciones y filtraciones de agua. La inundación de 2016 afectó la planta baja del museo, donde se ubican el área administrativa, dos bodegas de almacenamiento y el espacio destinado a conservación y restauración (TeleMedellín 2016) [Figura 2]. El evento de 2021 provocó el colapso parcial de la estructura hidráulica de la quebrada, causando daños en la capa asfáltica del sector circundante al museo. Además, generó filtraciones e inundaciones en la parte baja del edificio, afectando las bodegas de la colección ubicadas en este espacio y el taller de conservación y restauración (Alcaldía de Medellín 2021)

La inundación de 2021 contaminó la planta baja de museo, ya que el agua proveniente del sistema de alcantarillado del centro de la ciudad ingresó arrastrando lodo y material orgánico. Esto provocó cambios en la temperatura y la humedad relativa, además de la proliferación de microorganismos, contaminantes y sales, lo que afectó tanto los espacios como los distintos objetos y sus materialidades [Figura 3].

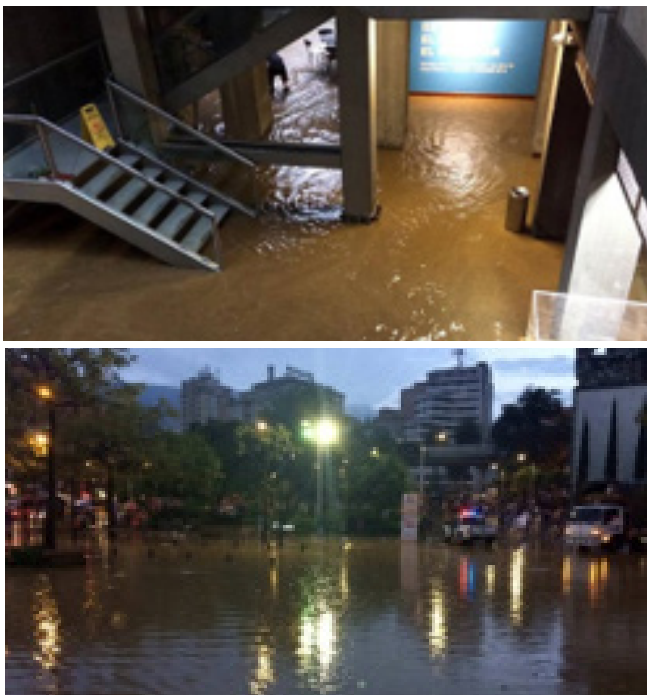


Figura 2.- Impacto de la inundación de 2016 en Antioquia, Colombia (a) Entrada de agua en el área administrativa de la planta baja del Museo de Antioquia; (b) Plaza Botero anegada debido al desbordamiento de la Quebrada Santa Elena y la saturación de los sistemas de drenaje. El Palpitar 2016)

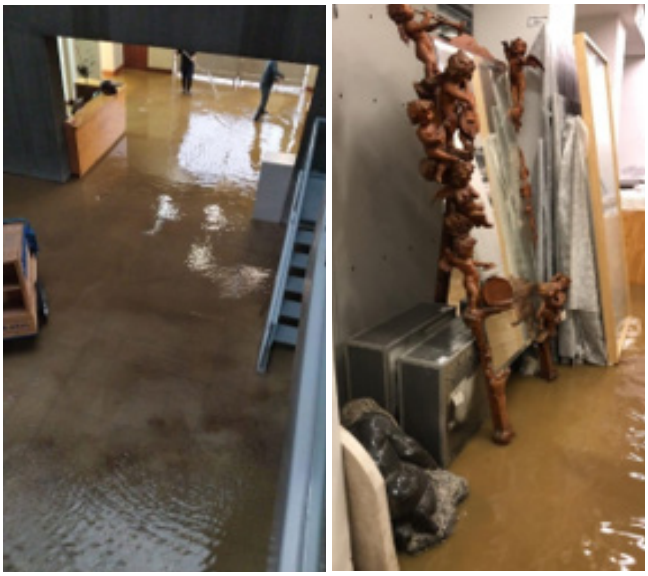


Figura 3.- Impacto de la inundación y las fuertes lluvias de 2021 en Antioquia, Colombia: (a) Planta baja del museo, con acumulación de lodo y aguas residuales; (b) Bodega de almacenamiento afectada por la infiltración de aguas contaminadas durante las precipitaciones de julio de 2021.

Las deficiencias en las barreras de protección y en la infraestructura del edificio facilitaron la infiltración de agua a través de paredes, pisos y ventanas debido a la saturación de los sistemas de drenaje y alcantarillado. Paralelamente, las estrategias inadecuadas de almacenamiento y exposición aumentaron los daños en colecciones (TeleMedellín 2016) de distintas materialidades, muchas de ellas sensibles a variaciones en los factores ambientales, especialmente a la humedad excesiva y el contacto con el agua (Alcaldía de Medellín- Secretaría de Planeación 1999).

Metodología

Con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad de los depósitos del museo de Antioquia ante el riesgo de inundaciones, el presente estudio adaptó el método QuiskScan para valorar la significancia de las colecciones, y el método Art-Risk para establecer indicadores de vulnerabilidad hídrica, los cuales fueron representados espacialmente mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG)(Brokerhof and Bülow 2016; Pilar Ortiz Calderón 2021).

El método QuiskScan, desarrollado por la Agencia de Patrimonio Cultural de los Países Bajos, se basa en dos instrumentos principales. La primera es la Guía para la Evaluación de Colecciones de Museos, que permite valorar los bienes museísticos individuales o en conjunto a partir de seis criterios: estado de conservación, procedencia, valor del conjunto, valor artístico, valor informativo y valor percibido (Cultural Heritage Agency, 2014). Este concibe como una herramienta de diagnóstico preliminar y priorización que ocupa una posición intermedia entre la aplicación de buenas prácticas de conservación y una evaluación exhaustiva del riesgo. Su objetivo es proporcionar una visión general de las condiciones de vulnerabilidad y facilitar la identificación de áreas y colecciones que requieren análisis más detallados o intervenciones prioritarias. La segunda es la Metodología de Gestión de Riesgo de Colecciones, que evalúa la vulnerabilidad de los objetos frente a los diez agentes de deterioro definidos por el Instituto Canadiense de Conservación. El objetivo del método es identificar el llamado "valor vulnerable", es decir, aquellos objetos con alto valor y alta vulnerabilidad que presentan mayor riesgo de pérdida ante un evento de desastre (Brokerhof and Bülow 2016).

A partir de estos referentes teóricos se diseñó una ficha con dos bloques para la recogida de datos: uno con cinco variables para evaluar la vulnerabilidad de los objetos, y otro con once variables para analizar el riesgo hídrico en salas de exposición y almacenamiento. A su vez, las variables del segundo bloque se dividieron en dos secciones: la primera, que abarca hasta la variable 6, describe las características estructurales de la sala; y la segunda, que comprende de la variable 7 a la 11, se centra en las estrategias de exposición y almacenamiento.

Para relacionar e integrar los datos de vulnerabilidad incluidos en la ficha diseñada se empleó la metodología Art-Risk 3, que propone la elaboración de índices a partir de la ponderación de indicadores de vulnerabilidad y el cálculo de medias aritméticas y comparación con los peores escenarios posibles.(Ortiz and Ortiz 2016a; Prieto *et al*. 2021; Moreno *et al.* 2022, 2023; Diaz *et al.* 2023). En este estudio los dos bloques diseñados para la recogida de datos permitieron obtener dos índices diferentes relacionando los indicadores incluidos a través de una media aritmética. El primer bloque calculó un índice de vulnerabilidad centrado en la susceptibilidad intrínseca de los bienes patrimoniales frente a la amenaza de inundación, es decir, las características propias de los objetos que los hacen más propensos a sufrir daños o pérdidas. Este índice evaluaba la vulnerabilidad general de una colección a partir de los valores individuales de los bienes de alta significancia a partir de la media de 5 variables. El segundo bloque incorporó variables asociadas a factores extrínsecos al bien patrimonial como el tipo de embalaje, el mobiliario de soporte y las condiciones de la sala, a partir de los cuales se generó un índice de vulnerabilidad expandida, orientado a la evaluación de la vulnerabilidad de las salas a partir de la media aritmética de las 11 variables nuevas incluidas.

Posteriormente, a partir del índice de vulnerabilidad y el índice de vulnerabilidad expandida se calculó el valor total de vulnerabilidad a partir de una media aritmética. Esto permitió integrar todos los indicadores empleados y obtener datos comparables para identificar y priorizar las áreas del museo con colecciones más vulnerables ante una inundación.

Finalmente, los resultados obtenidos a escala de objeto patrimonial (índice de vulnerabilidad) y de sala (índice de vulnerabilidad expandida) fueron integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y representados cartográficamente sobre los planos de los diferentes niveles del museo. Se utilizó una escala cromática tipo semáforo, lo que permitió una visualización clara y rápida de los niveles de vulnerabilidad en las distintas estancias y colecciones.

El resultado es una herramienta para la recogida de datos de vulnerabilidad y obtención del índice de vulnerabilidad y vulnerabilidad expandida ante una inundación, así como una representación cartográfica visual clara que permite identificar los bienes culturales y colecciones sobre los que se deben priorizar las intervenciones de rescate, justificar decisiones de conservación y definir áreas que requieren análisis más profundo.

— *Herramienta para la evaluación de la vulnerabilidad de un bien patrimonial ante una inundación (índice de vulnerabilidad)*

La herramienta-ficha desarrollada para la recogida de datos sobre la vulnerabilidad de los bienes culturales evalúa la vulnerabilidad a partir de la susceptibilidad intrínseca y tangible de un objeto o una colección a sufrir alteraciones materiales o pérdidas como producto de su exposición a (Paul 2014; Ortiz and Ortiz 2016b; Vojinovic *et al.* 2016) una inundación.

La tabla 1 muestra el modelo de ficha desarrollado. Para evaluar el grado de vulnerabilidad se contemplan cinco indicadores: (1) estado de conservación de la obra, (2) dimensiones, volumen y peso, (3) materialidad, (4) estructura y (5) inventario, registro y diagnóstico. Dichos indicadores permiten analizar las propiedades de los materiales, sus características geométricas y estructurales, así como los aspectos de gestión, documentación y conservación.

Para la evaluación normalizada de cada una de estas variables, la ficha desarrollada ofrece una escala nominal de vulnerabilidad que va desde (5) Muy alto hasta (1) Muy Bajo, utilizando una representación por colores para facilitar su interpretación. A partir de la media de los valores obtenidos en las distintas variables la ficha permite obtener el índice de vulnerabilidad para cada uno de los bienes patrimoniales analizados. El uso de esta ficha con diferentes colecciones u obras más significativas de un museo permite clasificar los bienes patrimoniales de un museo en función de los niveles de vulnerabilidad de cada objeto, facilitando la identificación de aquellos que son los casos más críticos y vulnerables.

Indicador	Ranking	Descripción
1. Estado de conservación de la obra	5. Muy alto	Presenta patologías graves que afectan toda la estructura o superficie y dificultan su traslado.
	4. Alto	Presenta patologías graves generalizadas, pero no interfieren con su traslado.
	3. Medio	Presenta patologías leves que afectan varias áreas de la superficie, sin comprometer el traslado.
	2. Bajo	Presenta patologías leves localizadas en zonas puntuales.
	1. Muy bajo	No presenta patologías visibles.
2. Dimensiones, volumen y peso	5. Muy alto	Gran dimensión, volumen y peso. Es indispensable el uso de maquinaria para su traslado o evacuación.
	4. Alto	Gran dimensión, volumen y peso. No requiere maquinaria, pero sí carros o personal especializado.
	3. Medio	Medianas dimensiones, volumen y peso. No requiere maquinaria, pero sí personal especializado.
	2. Bajo	Poca dimensión, volumen y peso. Puede ser evacuado fácilmente por dos miembros del museo.
	1. Muy bajo	Liviano, pequeño y de bajo volumen. Puede ser evacuado fácilmente por cualquier miembro del museo.
3. Materialidad de la obra u objeto	5. Muy alto	Materiales altamente vulnerables: papel, fotografías, hueso, arena suelta, materiales vegetales o animales (cuero, piel, plumas).
	4. Alto	Materiales orgánicos estructurados: madera, tejidos con fibras animales o vegetales, algunos textiles mixtos
	3. Medio	Materiales moderadamente frágiles: metales (propensos a la corrosión), vidrio, cerámica arqueológica.
	2. Bajo	Materiales resistentes, pero con cierta porosidad o fragilidad localizada: conchas, marfil, algunos compuestos calcáreos.
	1. Muy bajo	Materiales estables y resistentes: piedra, plásticos resistentes, cerámica moderna no porosa.
4. Estructura de la obra u objeto	5. Muy alto	Obra u objeto estructuralmente inestable y compuesto por múltiples piezas frágiles o mal ensambladas, lo que complica gravemente su traslado o evacuación.
	4. Alto	Obra u objeto estable estructuralmente, pero formado por varias piezas grandes o difíciles de ensamblar, lo que genera riesgo o dificultad durante su traslado.
	3. Medio	Obra u objeto estructuralmente inestable, pero de una sola pieza, cuya manipulación requiere extrema precaución, aunque es factible con los cuidados adecuados.
	2. Bajo	Obra u objeto estable estructuralmente y compuesto por varias piezas pequeñas o fácilmente desmontables, lo que facilita su traslado o evacuación.
	1. Muy bajo	Obra u objeto estable y de una sola pieza sólida, fácil de trasladar o evacuar sin necesidad de equipo o personal especializado.
5. Inventario, registro y diagnóstico de la obra	5. Muy alto	Obra u objeto no inventariado, sin ningún tipo de documentación, sin registros sobre su estado o deterioro, ni diagnóstico técnico.
	4. Alto	Obra inventariada, pero sin documentación detallada, ni registros de deterioro o diagnóstico de conservación.
	3. Medio	Obra inventariada y documentada, con un registro preliminar de deterioro, pero sin diagnóstico técnico de conservación.
	2. Bajo	Obra con inventario, documentación y monitoreo de deterioro actualizados, con un diagnóstico en elaboración o parcialmente desarrollado.
	1. Muy bajo	Obra completamente inventariada, documentada, con monitoreo sistemático de deterioro y diagnóstico técnico completo y actualizado.

Tabla 1.- Modelo de ficha de evaluación de vulnerabilidad de los objetos almacenados y expuestos

— Herramienta para la evaluación de la vulnerabilidad de una sala ante una inundación (vulnerabilidad expandida)

La herramienta-ficha desarrollada entiende la vulnerabilidad expandida como aquellos factores del entorno inmediato en el que se ubica un objeto patrimonial que determinan su susceptibilidad a verse afectado durante una inundación. La tabla 2 muestra el modelo de ficha desarrollado. Los indicadores contemplados en la ficha de evaluación de vulnerabilidad expandida están estrechamente relacionados con tres aspectos fundamentales: la ubicación, donde las características del entorno influyen en el ingreso o filtración de agua; el diseño estructural, que determina la capacidad de resistencia y respuesta ante un evento de inundación; y las estrategias de exposición, que son clave para reducir el riesgo de daños en los bienes muebles de un museo. Para ello propone once indicadores: (1) ubicación de las salas, (2) techos, paredes y pisos, (3) ventanales, (4) cañerías e instalaciones de conducción de acueducto, (5) sistema de alcantarillado, (6) equipos de acondicionamiento de aire, (7) estrategias de exposición en el suelo, (8) estrategias de exposición en muros y paredes, (9) estrategias de exposición en vitrinas, (10) tipología de vitrinas de exposición y (11) uso de agua en espacios de exposición y almacenamiento permanente. Las variables 1 a 7 están relacionadas con las características de una sala y las variables 7 al 11 están relacionadas con las condicionantes asociadas a las estrategias de exposición.

Indicador	Ranking	Descripción
1. Ubicación de las salas	5. Muy alto	Salas que se inundan frecuentemente y donde el agua permanece por largos periodos, dificultando su evacuación.
	4. Alto	Salas que se inundan con cierta regularidad, aunque el agua puede ser evacuada con relativa facilidad.
	3.Medio	Salas que no se inundan directamente, pero presentan ascenso de humedad por capilaridad desde suelos o muros.
	2. Bajo	Salas ubicadas en áreas no inundables, sin afectación por capilaridad, pero con riesgo de alteraciones en la humedad relativa ambiental.
	1. Muy bajo	Salas ubicadas en zonas altas o protegidas, sin antecedentes ni condiciones de riesgo de inundación, capilaridad ni afectación por humedad ambiental.
2. Techos, Paredes y pisos	5. Muy alto	Presencia de filtraciones graves y frecuentes en techos, muros o pisos, que afectan directamente la integridad de las colecciones.
	4. Alto	Filtraciones recurrentes en techos, muros o pisos, que no han afectado directamente las colecciones, pero representan un riesgo inminente.
	3.Medio	Presencia de filtraciones puntuales o aisladas, que afectan áreas específicas del edificio sin impacto directo sobre las colecciones.
	2. Bajo	Estructura en buen estado general, con aislamiento adecuado y sin filtraciones visibles, pero con evidencia de envejecimiento o necesidad de mantenimiento preventivo.
	1. Muy bajo	Estructura en óptimo estado, con materiales resistentes a la humedad, mantenimiento al día y sin indicios de filtraciones ni deterioro.
3. Ventanales	5. Muy alto	Ventanales en mal estado estructural, sin aislamiento ni sellado, que permiten infiltración grave de agua durante precipitaciones intensas.
	4. Alto	Ventanales sin sistemas de protección (viseras, sellos, persianas exteriores), con filtraciones frecuentes durante lluvias fuertes.
	3.Medio	Ventanales en estado aceptable, pero sin sellado hermético, lo que genera filtraciones puntuales en lluvias moderadas o intensas.
	2. Bajo	Ventanales bien sellados y mantenidos, con barreras físicas que previenen filtraciones.
	1. Muy bajo	Espacio sin ventanales expuestos al exterior o con ventanales completamente protegidos por sistemas impermeables y estructura sellada.
4. Cañerías e instalaciones de conducción acueducto	5. Muy alto	Cañerías antiguas, en mal estado, sin inspección ni mantenimiento. Permiten filtraciones graves en paredes, pisos o techos de salas con colecciones. No cumplen normas técnicas actuales.
	4. Alto	Cañerías en mal estado, con reparaciones frecuentes y filtraciones moderadas o controladas en zonas cercanas a las colecciones. Sin cumplimiento normativo.
	3.Medio	Cañerías en estado aceptable, con inspecciones ocasionales y filtraciones puntuales o históricas en zonas no críticas. Parcialmente cumplen normas técnicas.
	2. Bajo	Cañerías en buen estado, sin filtraciones visibles. Cumplen funciones, pero no están certificadas según normas vigentes.
	1. Muy bajo	Cañerías en óptimas condiciones, con inspecciones periódicas certificadas, sin filtraciones, y cumplen totalmente con normas de construcción actualizadas.

5. Sistema de Alcantarillado	5. Muy alto	Sistema en mal estado, ubicado en zonas críticas. Presenta rebosamientos frecuentes con aguas negras que afectan directamente salas de exposición, almacenamiento y talleres. Difícil evacuación. No cumple normas y carece de mantenimiento.
	4. Alto	Sistema ubicado en pisos o techos, en mal estado, con rebosamientos frecuentes que afectan áreas técnicas (almacenamiento o conservación). Presenta filtraciones en muros o pisos. Mantenimiento irregular.
	3.Medio	Sistema en estado aceptable, pero con rebosamientos ocasionales durante lluvias intensas. Filtraciones menores controladas en paredes o techos. Mantenimiento periódico, sin cumplir del todo con normas actuales.
	2. Bajo	Sistema en buen estado, sin rebosamientos recientes, con mantenimiento programado. Está cerca de zonas operativas, pero no afecta áreas sensibles. Parcial cumplimiento normativo.
	1. Muy bajo	Sistema alejado de áreas sensibles (salas o depósitos), en óptimas condiciones estructurales, con inspección y mantenimiento regulares. Cumple con todas las normas vigentes de construcción y saneamiento.
6. Equipos de acondicio-namiento de aire	5. Muy alto	Equipos de acondicionamiento de aire en mal estado, con filtraciones constantes y sin control, generando humedad directa sobre las colecciones. Sin mantenimiento ni inspección periódica. Alta posibilidad de condensación o corrosión.
	4. Alto	Sistema en mal estado, con filtraciones de agua controladas, pero con posibilidad de afectar objetos cercanos. Mantenimiento irregular y presencia de humedad ambiental elevada.
	3.Medio	Sistema en estado funcional, pero con reparaciones frecuentes y evidencia de filtraciones inactivas. Leve acumulación de humedad, pero sin daño directo sobre las colecciones.
	2. Bajo	Buen estado general, con mantenimiento periódico. Sistema ubicado lejos de zonas sensibles. Sin filtraciones activas ni riesgo inmediato de condensación.
	1. Muy bajo	Equipos de acondicionamiento de aire en óptimas condiciones, con inspecciones regulares, sin filtraciones ni riesgo de humedad. Ubicado de forma segura y sin impacto sobre la colección.
7. Estrategia de exposición en suelo	5. Muy alto	Objetos directamente sobre el suelo, sin base ni drenaje, ubicados cerca de fuentes de agua en mal estado (cañerías, ventanales, aires), con evidencias de filtraciones y paredes sin aislamiento. Alta exposición al agua.
	4. Alto	Objetos sobre base, pero debajo o cerca de fuentes de agua deterioradas o sin aislamiento, y sin sistemas de drenaje. Riesgo de contacto indirecto con el agua.
	3.Medio	Objetos sobre base técnica simple, ubicados debajo de fuentes en buen estado, pero con filtraciones puntuales controladas. Algún riesgo por filtraciones leves.
	2. Bajo	Objetos sobre base elevada o impermeable, debajo de fuentes en buen estado, sin evidencia de filtraciones. Con cierta cercanía a muros húmedos o ventanales.
	1. Muy bajo	Objetos sobre base elevada, alejados de fuentes de agua y protegidos estructuralmente (muros con aislamiento, sin cañerías ni ventanales cercanos). Con drenaje adecuado en el entorno inmediato.
8. Estrategia de exposición en muros y paredes	5. Muy alto	Objeto expuesto directamente sobre muros o paredes con filtraciones activas o constantes. Sin separación física ni barrera protectora. Alto riesgo de daño por humedad o contacto con agua.
	4. Alto	Objeto expuesto directamente sobre muros con filtraciones recientes o recurrentes, sin separación mediante soportes ni materiales aislantes (drywall, cámara de aire, etc.). Riesgo de deterioro indirecto por humedad.
	3.Medio	Objeto expuesto sobre muros que presentan filtraciones antiguas o inactivas, pero cuenta con separación parcial mediante soportes o uso de drywall. Protección limitada.
	2. Bajo	Objeto expuesto sobre muros en buen estado estructural, con barrera de drywall y separación mediante soportes. Riesgo mínimo de exposición directa.
	1. Muy bajo	Objeto expuesto sobre muros en óptimas condiciones (sin filtraciones presentes ni pasadas), con protección activa mediante separación estructural (barrera, cámara de aire, soportes técnicos). Riesgo prácticamente nulo.
9. Estrategias de exposición en vitrinas	5. Muy alto	Vitrinas en mal estado (sin sellos, con cristales rotos o con estructura dañada), ubicadas directamente debajo de fuentes de agua activas (cañerías, sistemas de refrigeración, ventanales sin sellar), sobre muros o paredes sin aislamiento, con evidentes filtraciones. Riesgo elevado de daños permanentes por humedad y agua.
	4. Alto	Vitrinas antiguas y en mal estado parcial, ubicadas debajo de fuentes de agua (como cañerías o sistemas de refrigeración), y apoyadas sobre muros o paredes con filtraciones superficiales (no controladas). Puede haber daños recurrentes debido a filtraciones de agua.
	3.Medio	Vitrinas antiguas, pero en buen estado, ubicadas debajo de fuentes de agua con filtraciones inactivas o controladas, y apoyadas en muros con evidencias de filtraciones pasadas o leves. Los objetos están parcialmente protegidos, pero la ubicación sigue presentando riesgo.
	2. Bajo	Vitrinas de conservación moderna, ubicadas lejos de fuentes de agua, pero aún cerca de muros o paredes en buen estado estructural (sin filtraciones o con pequeñas evidencias de humedad pasada). Bajo riesgo de exposición a humedad.
	1. Muy bajo	Vitrinas de conservación óptima, sin contacto con fuentes de agua (cañerías, ventanales, etc.), ubicadas en espacios controlados (sin humedad, sin filtraciones). Riesgo casi nulo.

10. Tipología de vitrinas de exposición	5. Muy alto	Vitrinas en mal estado y construidas sin materiales de conservación preventiva. No evitan el goteo o rociado de agua, lo que expone directamente a los objetos a daños.
	4. Alto	Vitrinas antiguas y en buen estado, pero no construidas con materiales de conservación preventiva. No resisten al agua, lo que implica que no protegen a los objetos del goteo o rociado de agua.
	3.Medio	Vitrinas en buen estado, pero no construidas con materiales de conservación preventiva. Ofrecen protección parcial frente al goteo o rociado de agua, pero no protegen a todos los objetos.
	2. Bajo	Vitrinas en buen estado, no construidas con materiales de conservación preventiva, pero resistentes al agua. Protegen a los objetos de goteo o rociado de agua.
	1. Muy bajo	Sin vitrina o vitrinas construidas con materiales de conservación preventiva, resistentes al agua, que protegen eficazmente los objetos más susceptibles a daños por agua.
11. Uso de agua en salas de exposición	5. Muy alto	El uso de agua no está reglamentado en las salas de exposición y es permitido sin restricciones a cualquier miembro del museo o incluso al público en general.
	4. Alto	El uso de agua es permitido a diversos miembros del museo con pocas restricciones y supervisión mínima.
	3.Medio	El uso de agua está permitido para personal de aseo y conservación/restauración, pero bajo protocolos de seguridad.
	2. Bajo	El uso de agua solo está permitido para el personal de conservación y restauración, siguiendo estrictos protocolos de seguridad
	1. Muy bajo	El uso de agua está prohibido en las salas de exposición para garantizar la protección total de las colecciones.

Tabla 2.- Modelo de ficha de evaluación de vulnerabilidad expandida al agua de las salas de exposiciones permanentes y espacios de almacenamiento.

Para evaluar cada uno de estos indicadores la ficha ofrece una escala nominal que va desde (5) Muy alto hasta (1) Muy Bajo, utilizando una representación por colores para facilitar su interpretación. A partir de la media de los valores obtenidos en las distintas variables la ficha permite obtener el índice de vulnerabilidad expandido para cada uno de los bienes patrimoniales analizados.

Resultados

— Aplicación de las herramientas-fichas desarrolladas en el Museo de Antioquia

En el caso del Museo de Antioquia, el análisis de vulnerabilidad de los bienes patrimoniales se aplicó al 60 % de la colección, correspondiente a los objetos de mayor significancia identificados a partir de la propuesta teórica QuiskScan y distribuidos entre las salas de exposición permanente y espacios técnicos como la Bodega Pinacoteca, Proyectos Especiales, Bodega de Colección, Bodega de Arqueología y el Taller de Restauración y Conservación. Los resultados obtenidos y expresados como una media aritmética, indican que, en términos generales, las colecciones presentan índices de vulnerabilidad que oscilan entre medio y alto, lo que evidencia la necesidad de implementar medidas de conservación preventiva enfocadas en la reducción de la vulnerabilidad y mitigación del riesgo hídrico [Tabla 3]. Los niveles elevados de vulnerabilidad están principalmente asociados a factores como el estado de conservación de las obras, la complejidad derivada de sus dimensiones, volumen y peso, la diversidad de materiales que las componen, así como deficiencias estructurales en los soportes y montajes. A ello se suman vacíos en los procesos de inventario, registro técnico y diagnóstico, lo que limita una respuesta eficaz ante escenarios de riesgo.

La evaluación de las cinco variables analizadas mostró una relación directa entre el estado de conservación y la materialidad de las obras. Los bienes compuestos por materiales sensibles a la humedad como cerámica porosa, pigmentos minerales o soportes orgánicos son los que presentan las patologías más severas y un peor estado de conservación.

Asimismo, se identificó una correlación entre las variables dimensión, volumen y peso, y la estructura de la obra. Aunque muchas piezas de gran tamaño cuentan con estructuras estables, su volumen representa un obstáculo importante para una evacuación rápida. Esta situación se agrava en aquellas salas donde las obras evaluadas presentan vulnerabilidad media o alta en la variable estructura, como es el caso de las exposiciones, El Barro tiene Voz, Diálogos Decoloniales y Fernando Botero. Estas piezas requieren una logística especializada para su movilización ante una emergencia por inundación.

Otro hallazgo relevante fue la interrelación entre la materialidad y la estructura física de las obras. A pesar de que un alto porcentaje de los objetos evaluados presentan estructuras físicamente estables —lo que se traduce en una baja vulnerabilidad estructural—, muchos están compuestos por materiales altamente susceptibles al deterioro por agua. Esto sugiere que la percepción visual de estabilidad puede ser engañosa, ya que la obra continúa siendo vulnerable desde el punto de vista químico o mecánico frente a la exposición a agentes líquidos.

Respecto a la variable inventario, registro y diagnóstico, si bien todas las piezas están debidamente registradas y cuentan con información básica sobre deterioro, se evidenció una ausencia generalizada de diagnósticos técnicos sobre su estado de conservación. Esta carencia limita la posibilidad de anticipar con precisión el comportamiento de las obras

Salas evaluadas	Estado de conservación	Dimensiones	Materialidad	Estructura de la obra	Inventario y registro	Índice	Nivel de vulnerabilidad
Bodega de Colecciones (C)	4.6	4.2	4.8	4.3	3.0	4. 1	Alto
Bodega de Arqueología (A)	4.6	4.3	4.0	4.8	3.0	4.1	Alto
Taller de Conservación (TC)	4.4	3.8	4.5	4.3	3.0	4.0	Alto
Bodega Pinacoteca (PI)	3.2	2.6	3.6	2.6	3.0	3	Medio
Bodega Proyectos Especiales (PE)	3.0	3.0	4.0	3.2	3.0	3.2	Medio
El Barro tiene voz (B)	4.2	4.5	4.3	4.2	3.0	4.0	Alto
Diálogos Decoloniales (D)	4.6	4.1	4.5	3,9	3.0	4.0	Alto
Historia para Repensar (H)	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.1	Medio
Promesa de la Modernidad (PM)	3.4	3.2	3.3	3.5	3.0	3.3	Medio
Fernando Botero (F)	4.5	4.0	4.5	4.0	3.0	4.0	Alto
Internacional (I)	2.3	2.6	3.8	3.3	3.0	3.0	Medio

Tabla 3.- Resultados del índice de vulnerabilidad de los objetos patrimoniales por salas

ante eventos hídricos y dificulta la planificación de medidas preventivas o de respuesta. En consecuencia, la falta de información sobre la estructura interna de los objetos, el comportamiento de sus materiales y los tratamientos previos recibidos restringe la capacidad de planificación y respuesta frente a emergencias.

Paralelamente, la Figura 4 presenta los resultados de la cartografía del índice de vulnerabilidad expandida de las seis primeras variables, elaborada para medir la vulnerabilidad de las características de las salas a partir de la ficha desarrollada en este estudio. En el Museo de Antioquia las estancias en los sótanos son las que presentan niveles más altos de vulnerabilidad en todas las variables analizadas. De un total de once salas analizadas, una presenta un índice de vulnerabilidad muy alto y tres salas un nivel alto. Tres de estas cuatro salas se encuentran en los sótanos, lo que indica una exposición crítica de estas zonas a las inundaciones.

Esta representación espacial permite visualizar la distribución de los niveles de vulnerabilidad, facilitando la identificación de zonas críticas y la toma de decisiones en gestión del riesgo.

El análisis comparativo de los datos recogidos [Tabla 4] revela que las variables de vulnerabilidad extrínseca analizadas no operan de manera aislada, sino que se interrelacionan, generando efectos acumulativos que intensifican o reducen la exposición de los espacios a amenazas asociadas al agua. Al articular los resultados por variables, se identifican patrones que permiten comprender con mayor profundidad la lógica del riesgo al agua en el museo.

Los resultados de las variables asociadas a infraestructura hidráulica interna, equipos de acondicionamiento de aire y estrategias de exposición permiten distinguir niveles de peligrosidad vinculados al manejo interno y externo del agua dentro de cada espacio [Tabla 4]. Estos resultados revelan cómo, incluso en ausencia de amenazas externas directas, ciertas condiciones internas pueden agravar significativamente el riesgo de deterioro por agua.

Un primer patrón claro es la relación mutua entre la ubicación, el sistema de alcantarillado y las condiciones estructurales de los espacios. Las bodegas de Colecciones (C), Arqueología (A) y Taller de Conservación (TC) presentan una peligrosidad alta o muy alta al coincidir tres condiciones críticas: están ubicadas por debajo del nivel de la calle, —lo que favorece la acumulación o la entrada de aguas—, se encuentran directamente sobre el sistema de alcantarillado público, y presentan daños visibles en paredes, techos y pisos que permiten la entrada de agua durante lluvias

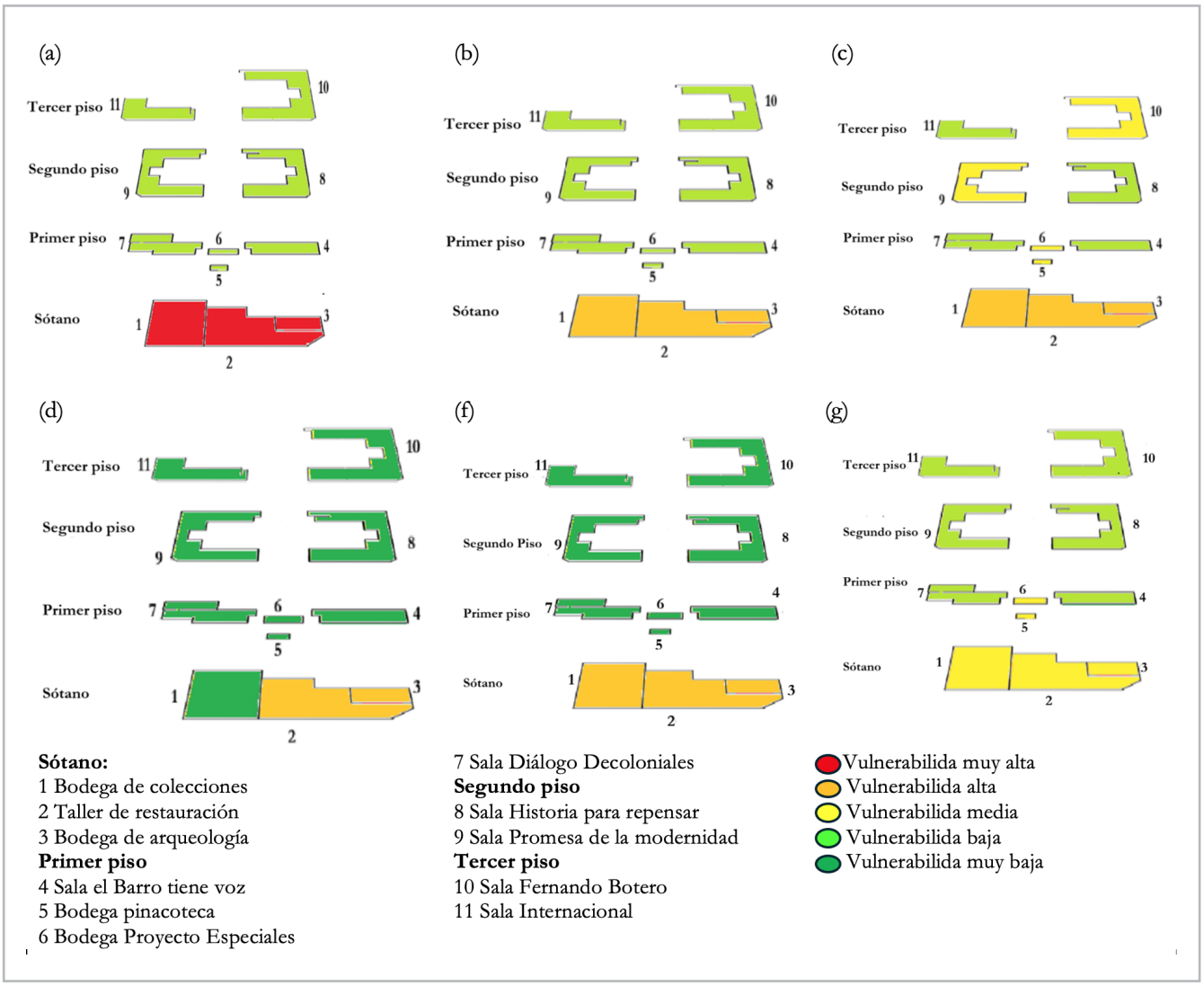


Figura 4.- Cartografía del índice de vulnerabilidad expandida, elaborada con base en el análisis de las características de las salas (seis primeras variables) consideradas en las once salas expositivas del museo: (a) Ubicación de las salas, (b) Paredes, techos y pisos (c) Ventanales, (d) Cañerías e instalaciones de conducción acueducto, (e) Sistema de alcantarillado y (f) Equipos de acondicionamiento de aire

intensas. Estas tres variables, actuando en conjunto, generan una situación de alta exposición y peligrosidad estructural.
A este panorama se suma la presencia de redes de cañerías deterioradas sobre las bodegas A y TC, lo que introduce una fuente adicional de amenaza interna. Mientras las demás áreas del museo no cuentan con instalaciones hidráulicas en su interior, en estas dos bodegas el paso de tuberías añade el riesgo constante de filtraciones accidentales o rupturas, situación que se vuelve especialmente crítica dada la fragilidad de las colecciones arqueológicas almacenadas allí. La condición de los ventanales también amplifica los efectos de la ubicación y el estado estructural. En todas las salas de exhibición, los ventanales sellados o protegidos por drywall mitigan eficazmente el ingreso de humedad. Sin embargo, en las bodegas C, A y TC, los ventanales presentan sellos deteriorados o inexistentes, lo que permite el ingreso de agua y facilita la acumulación de humedad, especialmente en días de lluvia intensa. Esta apertura al exterior favorece también la proliferación de microorganismos y la desestabilización del microclima, agravando aún más los efectos estructurales ya presentes.

Por otro lado, los equipos de acondicionamiento de aire se convierten en una variable moderadora pero ambigua. Aunque su función ideal es mitigar la humedad, en los espacios donde el sistema ha tenido fallas o fugas como en PI, PE, C y TC, puede convertirse en una nueva vía de ingreso de agua o en un canal de distribución de humedad, en lugar de controlarla. Así, una variable que podría actuar como barrera frente al riesgo, se vuelve una fuente más de peligrosidad cuando no está en condiciones óptimas.

En contraste, todas las salas de exhibición y las bodegas PI y PE evidencian que una buena gestión conjunta de las condiciones reduce de forma notable el riesgo hídrico. Estos espacios se benefician de una ubicación en niveles altos o intermedios, de sistemas estructurales relativamente estables, de la ausencia de redes hídricas o alcantarillado, y de cerramientos eficientes (ventanas selladas o con doble protección). Incluso cuando alguna variable presenta una condición intermedia —como ciertas fugas pasadas en los equipos de acondicionamiento de aire o ventanas sin drywall— su efecto se ve mitigado por el bajo riesgo estructural y de ubicación.

Variables	Espacios	Resultados
1. Ubicación de las salas	Salas I, F, H, PM, D, B; bodegas PI y PE	Vulnerabilidad baja (2): Son espacios en pisos elevados o con buena protección estructural, poco expuestos a inundaciones directas. No obstante, pueden verse afectados por variaciones en la humedad relativa debido a la cercanía de patios internos o fuentes de agua dentro del museo.
	Bodegas C, A y TC.	Vulnerabilidad muy alta (5): Espacios en planta baja con acceso directo a zonas expuestas a desbordamientos y fallas en el alcantarillado, sin barreras efectivas contra filtraciones. Las inundaciones de 2016 y 2021 provocaron ingreso de agua por paredes, pisos y ventanas desde la quebrada Santa Elena y el sistema de drenaje.
2. Paredes, techos y pisos	Salas I, F, H, PM, D, B; bodegas PI y PE.	Vulnerabilidad baja (2): Espacios con protección tipo drywall que aísla las obras del agua. Aunque hay muros sin aislamiento junto a patios o exteriores, no se observaron filtraciones, manchas ni condensación. Techos y pisos están en buen estado y han sido renovados recientemente.
	Bodegas C, A y TC	Vulnerabilidad alta (4): Bodegas C, A y TC presentan múltiples vías de ingreso de agua, materiales porosos y deterioro estructural visible. Se han registrado filtraciones históricas y acumulación de agua hasta 25 cm. Los techos tienen daños por fallas en pisos superiores y redes internas. La falta de aislamiento complica el control de humedad y favorece la aparición de hongos y bacterias.
3. Ventanales	Sala I, H, D y B	Vulnerabilidad baja (2): Ventanas selladas y protegidas con drywall, sin filtraciones registradas ni exposición significativa al agua exterior, en un entorno climático estable.
	Sala F, PM y bodega PI, PE, C, A y TC	Vulnerabilidad media (3): Salas F y PM presentan ventanales parcialmente sellados, con zonas aún expuestas. En bodegas PI y PE, las ventanas carecen de protección y están orientadas a patios internos. En C, A y TC, los sellos están deteriorados, con filtraciones por lluvia, humedad persistente y proliferación de microorganismos.
4. Cañerías e instalaciones de conducción acueducto	Todas las salas permanentes y bodegas PI, PA y C	Vulnerabilidad muy baja (1): sin presencia de redes hidráulicas internas por ende sin riesgo asociado a fugas o rupturas.
	Bodegas TC y A	Vulnerabilidad alta (4): Instalaciones hidráulicas en mal estado sobre áreas de almacenamiento arqueológico, con fugas frecuentes y riesgo elevado de daño directo a las colecciones. La presencia de cañerías deterioradas favorece filtraciones y proliferación de microorganismos.
5. Sistema de alcantarillado	Salas permanentes I, F, H, PM, D, B, además, bodegas PI y PE	Vulnerabilidad muy baja (1): sin redes de aguas residuales en su interior.
	Bodegas de C, A y TC	Vulnerabilidad alta (4): Bodegas A y TC presentan redes de aguas residuales en el techo, con filtraciones previas y constantes reparaciones. En la bodega C, se ha reportado ingreso de aguas negras por sifones durante lluvias intensas.

Tabla 4.- Resultados del índice de vulnerabilidad expandida correspondientes a las características de las salas (variables uno a seis)

Por otro lado, los resultados de las variables asociadas a las estrategias de exposición y al tipo de mobiliario [Tabla 5] y [Figura 5], revela un contraste entre las salas de exposición y las bodegas del museo. Las salas I, F, H, PM, D y B presentan un nivel de peligrosidad hídrica bajo o muy bajo en todas las variables: las obras están elevadas del suelo, protegidas en muros con drywall, alejadas de fuentes de agua y expuestas en vitrinas adecuadas o, en su mayoría, sin necesidad de vitrinas. Además, el uso de agua está regulado. Esta coherencia evidencia una gestión integral del riesgo hídrico basada en buenas prácticas de conservación preventiva.

Por otra parte, las bodegas PI y PE, aunque con mobiliario que no cumple completamente los estándares de conservación preventiva, mantienen condiciones aceptables: los objetos están almacenados en guacales o estanterías alejadas de fuentes de humedad activa. El nivel de peligrosidad se mantiene bajo gracias a un manejo cuidadoso del entorno inmediato.

En cambio, la bodega C presenta una peligrosidad media a alta por acumulación de factores: sobreocupación, uso de suelos para almacenamiento, filtraciones controladas pero persistentes, y mobiliario mixto sin embalaje adecuado. Esto compromete la estabilidad de la colección frente a posibles afectaciones por agua.

Las bodegas A y TC concentran los mayores riesgos. La presencia de objetos directamente en el suelo o en estanterías bajo cañerías con filtraciones activas, junto con mobiliario no especializado y falta de embalaje, genera un escenario de alta peligrosidad, agravado por la saturación del espacio.

En conjunto, los resultados muestran que la peligrosidad hídrica responde a la interacción entre condiciones arquitectónicas, disposición museográfica y gestión operativa. Una adecuada articulación entre estas variables es clave para reducir la vulnerabilidad del patrimonio en exposición y almacenamiento.

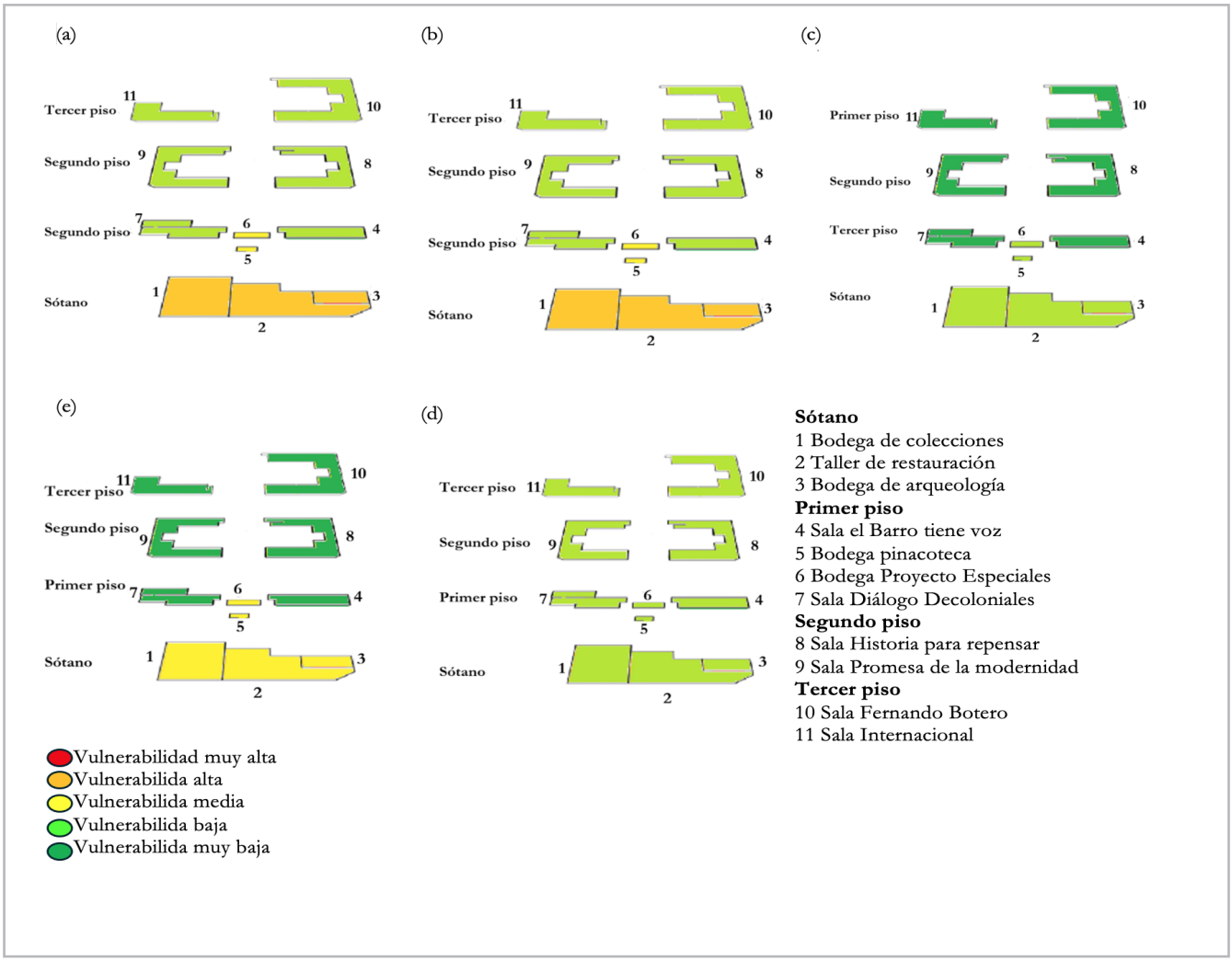


Figura 5.- Cartografía del índice de vulnerabilidad expandida, elaborada a partir del análisis de las estrategias de exposición (variables siete a la once) en las once salas del museo: (a). Estrategia de exposición en el suelo, (b) Estrategia de exposición en muros y paredes, (c) Estrategia de exposición en vitrinas, (d) Tipología de vitrinas de exposición y (e) Uso de agua en salas de exposición. Esta representación espacial permite identificar los niveles de vulnerabilidad asociados a estos componentes, aportando información clave para la planificación de acciones preventivas y de mitigación del riesgo.

Por otra parte, la tabla 6 resume los resultados obtenidos mediante la aplicación de las fichas de evaluación de vulnerabilidad desarrolladas en el presente estudio. En ella se sintetizan los resultados para cada sala del índice de vulnerabilidad asociado a las características intrínsecas de los objetos patrimoniales, el índice de vulnerabilidad expandida correspondiente a las condiciones estructurales y museográficas de las salas, así como el nivel de vulnerabilidad total. Esta sistematización permite identificar las zonas críticas que requieren acciones prioritarias de intervención, conservación preventiva y planificación ante el riesgo hídrico.

Finalmente, los resultados obtenidos corroboran la utilidad del modelo propuesto como una herramienta eficaz para la evaluación del riesgo hídrico en contextos patrimoniales y museográficos, al ofrecer una aproximación estructurada y sistemática para la identificación y jerarquización de los factores de vulnerabilidad. Entre sus principales fortalezas destaca la integración de variables de diversa naturaleza (estructurales, museográficas y operativas), así como su versatilidad para establecer análisis comparativos a diferentes escalas, desde el objeto individual hasta los espacios de almacenamiento general. Esta naturaleza multinivel contribuye directamente a optimizar la toma de decisiones estratégicas en materia de prevención y a priorizar las acciones de conservación.

No obstante, el modelo debe concebirse como un instrumento de diagnóstico rápido y preliminar, cuyo alcance requiere ser complementado con estudios más detallados, capaces de captar la complejidad intrínseca de las dinámicas del agua y la humedad, especialmente en escenarios críticos de posemergencia. En este contexto, el monitoreo de los sistemas de trasdosado en drywall y otros elementos de compartimentación preventiva adquiere una relevancia metodológica fundamental. Si bien estas estructuras logran mitigar la exposición directa de las colecciones a las superficies afectadas por la humedad tras una inundación, también generan un efecto de enmascaramiento de patologías internas. Esta falta de visibilidad dificulta la detección temprana de daños y favorece procesos de deterioro progresivo y silencioso,

Variables	Espacios	Resultados
7. Estrategia de exposición en el suelo	Salas I, F, H, PM, D, B; bodegas PI y PE	Vulnerabilidad baja (2): Obras elevadas sobre bases que superan los 30 cm de altura.
	Bodegas C, A y TC.	Vulnerabilidad alta (4): Objetos ubicados directamente en el suelo o sobre bases muy bajas. En las bodegas C y A, la sobreocupación obliga a usar áreas de circulación, dificultando el acceso y aumentando el riesgo durante su manipulación.
8. Estrategia de exposición en muros y paredes	Salas I, F, H, PM, D, B	Vulnerabilidad baja (2): obras dispuestas en muros sin alteraciones por agua, protegidas con sistemas drywall y separadas de la superficie (5–10 cm)
	Bodegas PI y PE	Vulnerabilidad baja (2): objetos en cajas o guacales protegidos, sin fuentes de agua cercanas u obras en estanterías sin embalaje, pero alejadas de cañerías o filtraciones
	Bodega C	Vulnerabilidad media (3): Colecciones con almacenaje mixto, sin embalaje en algunos casos y ubicados bajo fuentes de agua con filtraciones controladas
	Bodegas A y TC	Vulnerabilidad alta (4): objetos en estanterías o en el suelo, sin protección y bajo cañerías con filtraciones activas e inactivas; peligrosidad alta.
9. Estrategia de exposición en vitrinas	Salas I, H, D y B, F y PM	Vulnerabilidad muy baja (1): La mayoría de las salas no emplean vitrinas; las existentes están fabricadas con materiales de conservación y se encuentran alejadas de fuentes de agua.
	Bodegas PI, PE, C, A y TC	Vulnerabilidad baja (2): Los objetos se almacenan considerando su materialidad, estado de conservación y características físicas (dimensión, volumen, peso), aunque sin atender a las propiedades químicas de los materiales constitutivos.
10. Tipología de vitrinas de exposición	Salas I, H, D y B, F y PM	Vulnerabilidad baja (2): Mobiliario de exposición no vulnerable al agua, fabricado con materiales adecuados para conservación preventiva o con ausencia de sistemas susceptibles.
	Bodegas PI, PE, C, A y TC	Vulnerabilidad media (3): aunque en buen estado y con resistencia al agua, no corresponde a estándares de conservación preventiva
11. Uso de agua en salas de exposición	Salas I, H, D y B, F, PM y Bodegas PI, PE, C, A, TC	Vulnerabilidad baja (2): Uso de agua restringido en salas y bodegas, con aplicación solo en casos indispensables y bajo recomendaciones específicas según la naturaleza de los objetos

Tabla 5.- Resultados del índice de vulnerabilidad expandida correspondientes a las estrategias de exposición (variables siete a la once).

Salas	Ubicación	Índice de vulnerabilidad -Objetos-	Índice de vulnerabilidad -Expandida -Salas	Nivel de vulnerabilidad general
Bodega de Colecciones (C)	Sótano	Alto	Muy alto	Muy alto
Bodega de Arqueología (A)	Sótano	Muy alto	Muy alto	Muy alto
Taller de Conservación (TC)	Sótano	Alto	Muy alto	Muy alto
Bodega Pinacoteca (PI)	Primer piso	Medio	Bajo	Bajo
Bodega Proyectos Especiales (PE)	Primer piso	Medio	Bajo	Bajo
Sala El Barro tiene voz (B)	Primer piso	Alto	Bajo	Medio
Sala Diálogos Decoloniales (D)	Primer piso	Alto	Bajo	Medio
Sala Historia para Repensar (H)	Segundo piso	Medio	Bajo	Bajo
Sala Promesa de la Modernidad (PM)	Segundo piso	Medio	Bajo	Bajo
Sala Fernando Botero (F)	Tercer piso	Alto	Bajo	Medio
Sala Internacional (I)	Tercer piso	Medio	Bajo	Bajo

Tabla 6.- Resume los resultados obtenidos mediante la aplicación de las fichas de evaluación de vulnerabilidad

tales como la proliferación de comunidades microbiológicas y la degradación físico-química de los soportes materiales.

Asumir el modelo propuesto como una fase de evaluación inicial hace indispensable su articulación con programas de monitoreo continuo y enfoques integrales de gestión de riesgos. Lejos de ser una limitante, su carácter esquemático y la sistematización de la información mediante fichas y tablas normalizadas facilitan su interoperabilidad. Esto permite transferir los datos recopilados hacia matrices de riesgo de mayor complejidad o integrarlos en Sistemas de Información Geográfica, programas tipo CAD o HBIM ampliamente usados en la gestión del riesgo en intituciones culturales. En última instancia, esto conduce a una comprensión holística del comportamiento hídrico y al fortalecimiento de estrategias de conservación preventiva más robustas, eficientes y sostenibles en el tiempo.

Conclusiones

El estudio realizado en el Museo de Antioquia permitió identificar y analizar con detalle los factores que incrementan la vulnerabilidad de colecciones patrimoniales ante eventos de inundación, destacando la necesidad de integrar herramientas diagnósticas específicas en la gestión preventiva del riesgo museal.

La herramienta-ficha propuesta, basada en los métodos QuiskScan y Art-Risk, demostró su eficacia para evaluar la susceptibilidad de objetos y espacios museográficos desde una doble dimensión: la inherente a las características físicas y documentales de los bienes, y la derivada de las condiciones estructurales, ambientales y museográficas del entorno inmediato.

La representación espacial de los índices de vulnerabilidad mediante SIG facilitó la identificación de zonas críticas y la visualización del riesgo en el espacio arquitectónico del museo.

Los resultados evidencian que las bodegas de almacenamiento localizadas en niveles inferiores, con infraestructura deteriorada y estrategias inadecuadas de conservación, concentran los niveles más altos de riesgo hídrico. Por el contrario, las salas de exposición con estructuras protegidas, ventilación controlada y buena disposición museográfica presentan bajos niveles de vulnerabilidad.

En conjunto, este trabajo propone una metodología replicable que puede contribuir a priorizar acciones de conservación, justificar inversiones en infraestructura y fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias hídricas en instituciones museales con características similares.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido desarrollada gracias al proyecto ATLAS, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea; el proyecto Evaluación de soluciones de respuesta a riesgos ambientales y sociales que afectan a bienes del Patrimonio Cultural (2407 PPI-A1), financiado por PPI-A1 2023-2026 de la Universidad Pablo de Olavide; y el proyecto Integración de Recursos Satelitales, Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Social para minimizar el impacto del Cambio Climático en los Centros Históricos (PPI2404), financiado por VI PPIT 2023-2026 de la Universidad Pablo de Olavide.

Asimismo, queremos expresar nuestro especial agradecimiento al Museo de Antioquia por su colaboración y por facilitarnos el acceso a sus colecciones y salas, lo cual fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

Referencias

ALCALDÍA DE MEDELLÍN (2021) 'Plan de Acción Climática. Medellín 2020-2050.

ALCALDÍA DE MEDELLÍN (2021). *Avenida De Greiff sufrió daños graves debido a las fuertes lluvias de las últimas horas*. Available at: https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/avenida-de-greiff-sufrio-danos-graves-debido-a-las-fuertes-lluvias-de-las-ultimas-horas/ (Accessed: 18 May 2025).

ALCALDÍA DE MEDELLÍN- SECRETARÍA DE PLANEACIÓN (1999). *Orientaciones para la defnición del proyecto urbano Eje Cultural La Playa/ Boyacá. Teatro Pablo Tobón Uribe-Museo de Arte Moderno*.

ANTOMARCHI, C., DEBULPAEP, M., DE GUICHEN, G., LAMBERT, S. AND VERGER, I. (2021). 'RE-ORG: Unlocking the Potential of Museum Collections in Storage', *Museum International,* 73(1–2): 206–217. https://doi.org/10.1080/13500775.2021.1956772.

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ (2018). *Auto No. 001119. CM5.04.0850. Quebrada Santa Elena*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

BOINAS, R., GUIMARÃES, A.S. AND DELGADO, J.M.P.Q. (2016). 'Rising damp in Portuguese cultural heritage – a flood risk map', *Structural Survey*, 34(1): 43–56. https://doi.org/10.1108/SS-07-2015-0034.

BROKERHOF, A. W., ANKERSMIT, H. A., LIGTERINK, J. F., VERSLOOT, I. A., SAUNDERS, D. AND RIJKSDIENST VOOR HET CULTUREEL ERFGOED. (2017). *Risk management for collections*.

BROKERHOF, A.W. AND BÜLOW, A.E. (2016). 'The QuiskScan - A quick risk scan to identify value and hazards in a collection', *Journal of the Institute of Conservation. Routledge*, 18–28. https://doi.org/10.1080/19455224.2016.1152280.

CULTURAL HERITAGE AGENCY (2014). *Assessing Museum Collections Collection valuation in six steps*. Available at: https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2014/01/01/assessing-museum-collections (Accessed: 18 May 2025).

DAVID TREMAIN (2018). Water - Canada.ca. Available at: https://

www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/water.html (Accessed: 17 May 2025).

F4MAP (2025). F4 Map Demo. Disponible en: https://demo.f4map.com/

FIGUEIREDO, R., ROMÃO, X. AND PAUPÉRIO, E. (2020). 'Flood risk assessment of cultural heritage at large spatial scales: Framework and application to mainland Portugal', Journal of Cultural Heritage, 43, pp. 163–174. Available at: https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.11.007.

FLORESCU, O., ICHIM, P., SFÎCĂ, L., KADHIM-ABID, A.L., SANDU, I. AND NĂNESCU, M. (2022) 'Risk Assessment of Artifact Degradation in a Museum, Based on Indoor Climate Monitoring—Case Study of "Poni-Cernătescu" Museum from Iași City', *Applied Sciences* (Switzerland), 12(7). https://doi.org/10.3390/app12073313.

FUCHS, S., BIRKMANN, J. AND GLADE, T. (2012) 'Vulnerability assessment in natural hazard and risk analysis: Current approaches and future challenges', *Natural Hazard*s, 64(3): 1969–1975. https://doi.org/10.1007/s11069-012-0352-9.

KUZUCUOĞLU, A.H. (2014) 'Risk Managent in Libraries, Archives and Museums', *IBB International Refereed Academic Social Science Journal* , 5(15): 277–294. www.iibdergisi.com.

LAMBERT AND SIMON (2011). 'RE-ORG: A methodology for reorganizing museum storage developed by ICCROM and UNESCO', http://journals.openedition.org/ceroart [Preprint], (6). https://doi.org/10.4000/CEROART.2112.

LANZA, S. G. (2003). 'Flood hazard threat on cultural heritage in the town of Genoa (Italy)', *Journal of Cultural Heritage*, 4(3): 159–167. https://doi.org/10.1016/S1296-2074(03)00042-6.

DE LUCIA, C., AMADDII, M. AND ARRIGHI, C. (2024). 'Tangible and intangible ex post assessment of flood-induced damage to cultural heritage', *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 24(12): 4317–4339. https://doi.org/10.5194/nhess-24-4317-2024.

MA, J. G., FEDESKI, M., LINDLEY, S. AND HANDLEY OBE, J. (2006). 'Methods for assessing risk from climate hazards in urban areas', *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Municipal Engineer,* 245–255.

MATTHEWS, G., SMITH, Y. AND KNOWLES, G. (no date). *Disaster Management in Archives, Libraries and Museums: An International Overview*.

Miranda, F.N. and Ferreira, T.M. (2019) 'A simplified approach for flood vulnerability assessment of historic sites', Natural Hazards, 96(2), pp. 713–730. Available at: https://doi.org/10.1007/s11069-018-03565-1.

MOMČILOVIĆ PETRONIJEVIĆ, A. AND PETRONIJEVIĆ, P. (2022). 'Floods and Their Impact on Cultural Heritage—A Case Study of Southern and Eastern Serbia', *Sustainability (Switzerland)*, 14(22). https://doi.org/10.3390/su142214680.

MORENO, M., ORTIZ, R., CAGIGAS-MUÑIZ, D., BECERRA, J., MARTIN, J. M., PRIETO, A. J., GARRIDO-VIZUETE, M. A., MACÍAS-BERNAL, J.M., CHÁVEZ, M.J. AND ORTIZ, P. (2022). 'ART-RISK 3.0 a fuzzy—based platform that combine GIS and expert assessments for conservation strategies in cultural heritage', *Journal of Cultural Heritage,* 55: 263–276. https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.03.012.

— *Museo de Antioquia fue cerrado este domingo por inundaciones* | El Palpitar (no date). Available at: https://www.elpalpitar.com/medellin-2/2016/11/museo-de-antioquia-fue-cerrado-este-domingo-por-inundaciones/?utm_source=chatgpt.com (Accessed: 9 September 2025).

Naciones Unidas (UNISDR) (2009) UNISDR. *Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastres.*

ORTIZ CALDERÓN, P., ORTIZ CALDERÓN, R. (2021) *ART-RISK: Modelos para la gestión de riesgos y emergencias en Patrimonio Cultural - Proyecto ART-RISK: Inteligencia artificial aplicada a la conservación preventiva de edificios patrimoniales*. Available at: https://www.upo.es/investiga/art-risk/proyecto-art-risk/ (Accessed: 18 May 2025).

ORTIZ, R. AND ORTIZ, P. (2016a) 'Vulnerability Index: A New Approach for Preventive Conservation of Monuments', *International Journal of Architectural Heritage*, 10(8): 1078–1100. https://doi.org/10.1080/15583058.2016.1186758.

ORTIZ, R. AND ORTIZ, P. (2016b) 'Vulnerability Index: A New Approach for Preventive Conservation of Monuments', *International Journal of Architectural Heritage*, 10(8): 1078–1100. https://doi.org/10.1080/15583058.2016.1186758.

PAPATHOMA-KÖHLE, M., PROMPER, C. AND GLADE, T. (2016). 'A common methodology for risk assessment and mapping of climate change related Hazards-Implications for climate change adaptation policies', *Climate*, 4(1). https://doi.org/10.3390/cli4010008.

PAUL, S.K. (2014). 'Vulnerability Concepts and its Application in Various Fields: A Review on Geographical Perspective', *Journal of Life and Earth Science*, 8: 63–81. https://doi.org/10.3329/jles.v8i0.20150.

PETER RHODES (2015). *Flooding and Historic Buildings*. Available at: www.HistoricEngland.org.uk/advice/technical-advice/flooding-and-historic-buildings/.

PRIETO, A.J., TURBAY, I., ORTIZ, R., CHÁVEZ, M.J., MACÍAS-BERNAL, J.M. AND ORTIZ, P. (2021). 'A Fuzzy Logic Approach to Preventive Conservation of Cultural Heritage Churches in Popayán, Colombia', *International Journal of Architectural Heritage*, 15(12): 1910–1929. https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1737892.

SALAZAR, L.G.F., FIGUEIREDO, R. AND ROMÃO, X. (2024). 'Flood vulnerability assessment of built cultural heritage: Literature review and identification of indicators', *International Journal of Disaster Risk Reduction*. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104666.

SHAHEEN, N.A., OTHMAN, A.A.E. AND ISMAIL, M.R. (2018) 'Environmental Risk Assessment as an Approach of Resilience to Climate Change in Architectural Built Cultural Heritage', *Architecture and Urbanism: A Smart Outlook*, (December), 455–468. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52584-2_32.

TABARES, A. (2021). *Aportes del proyecto de espacio público a la regeneración urbana. El caso del centro de Medellín 1995-2019*.

TASCÓN-GONZÁLEZ, L., FERRER-JULIÀ, M., RUIZ, M. AND GARCÍA-MELÉNDEZ, E. (2020). 'Social vulnerability assessment for flood risk analysis', *Water* (Switzerland), 12(2). https://doi.org/10.3390/w12020558

TELEMEDELLÍN (2016). Museo de Antioquia y la Plaza Botero también sufrieron por las lluvias. https://telemedellin.tv/museo-de-antioquia-lluvias/150675/ (Accessed: 18 May 2025).

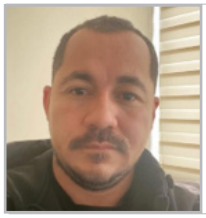
TRIZIO, F., TORRIJO, F.J., MILETO, C. AND VEGAS, F. (2021). 'Flood risk in a heritage city: Alzira as a case study', *Water* (Switzerland), 13(9). https://doi.org/10.3390/w13091138.

VOJINOVIC, Z., HAMMOND, M., GOLUB, D., HIRUNSALEE, S., WEESAKUL, S., MEESUK, V., MEDINA, N., SANCHEZ, A., KUMARA, S. AND ABBOTT, M. (2016). 'Holistic approach to flood risk assessment in areas with cultural heritage: a practical application in Ayutthaya, Thailand', *Natural Hazards*, 81(1): 589–616. https://doi.org/10.1007/S11069-015-2098-7/FIGURES/19.

Zaveri, P. (2014). *Damage to Libraries due to Water Related Disasters*. Available at: http://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/1165.

ZHOU, Y., LIU, Y., WU, W. AND LI, N. (2015). 'Integrated risk assessment of multi-hazards in China', Natural Hazards, 78(1): 257–280. https://doi.org/10.1007/s11069-015-1713-y.

Autor/es



Manuel Benito Niño Jiménez
mniojim@alu.upo.es
Archivo de Bogotá
https://orcid.org/0009-0009-4827-5066

Historiador, Máster en Diagnóstico del Estado de Conservación del Patrimonio Histórico y estudiante de la Tecnología en Procesos Químicos Ambientales. Su labor se centra en la investigación, gestión y conservación del patrimonio documental y museístico, con especial interés en el diagnóstico del estado de conservación y el análisis de riesgo y vulnerabilidad de colecciones patrimoniales. Ha desarrollado proyectos de inventario, digitalización, catalogación y diagnóstico de fondos documentales. Actualmente forma parte del equipo técnico del Archivo de Bogotá.



Mónica Moreno Falcón
mmorfal@upo.es
Universidad Pablo de Olavide (UPO)
https://orcid.org/0000-0003-1178-1546

Doctorada en Historia, diplomada en Conservación-Restauración, magister en Diagnóstico del Estado de Conservación del Patrimonio Histórico y en TIG: SIG y Teledetección. Especialista en Historia con un perfil científico-técnico y una trayectoria profesional centrada en el desarrollo de estudios de conservación preventiva y gestión de riesgos. Posee conocimientos sobre estudio de entornos patrimoniales mediante el uso de datos geoespaciales, el estudio de los procesos de degradación de materiales arqueológicos y el uso de técnicas de análisis de riesgo aplicadas al estudio de contextos históricos y patrimonio cultural. Actualmente, se desempeña como investigadora asociada al grupo de investigación PAI TEP 199: Tecnología, Patrimonio y Medio Ambiente en la Universidad Pablo de Olavide (UPO) y centra sus investigaciones en el desarrollo e implementación de modelos y herramientas geoespaciales aplicadas a la gestión de riesgos y la diagnosis de complejos arqueológicos y centros históricos.



Rocío Ortiz Calderón
rortcal@upo.es
Universidad Pablo de Olavide (UPO)
https://orcid.org/0000-0002-0249-8821

Arquitecta con una línea de investigación centrada en el diagnóstico, preservación y conservación del Patrimonio Cultural (PC). He impulsado iniciativas innovadoras, incluyendo la elaboración de mapas de riesgo y vulnerabilidad en PC, así como la aplicación de inteligencia artificial, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y metodologías de consulta a expertos para la conservación preventiva y la respuesta ante emergencias. Entre mis desarrollos destacan los softwares ART-RISK-1, ART-RISK 3.0, ART-RISK 4 y ART-RISK 5. Dirijo los servicios tecnológicos Sanit-Arte y Ambu-Lab para la caracterización diagnosis de bienes patrimoniales. He recibido diversos reconocimientos, como el premio Reach OUT 2015 de EMRS por divulgación científica en el Parque de las Ciencias de Granada, el premio EUROPA NOSTRA 2021 por ART-RISK, el Accésit EXPONE 2023 en conservación otorgado por la Asociación de Museólogos de Andalucía por el simulacro en el Museo y Archivo de Antequera, y dos premios de la UPO por los proyectos CH-Alert y Sanit-Arte.

Artículo enviado 29/04/2026
Artículo aceptado el 23/06/2026

https://doi.org/10.37558/gec.v26i1.1511