

Artículos – Gestión del Turismo

Análisis espacial basado en SIG de la presión turística en Ouro Preto, Brasil: implicaciones para la gestión sostenible del turismo patrimonial

GIS-Based spatial analysis of tourist pressure in Ouro Preto, Brazil: implications for sustainable heritage tourism management

Análise espacial baseada em SIG da pressão turística em Ouro Preto, Brasil: implicações para a gestão sustentável do turismo patrimonial

Rodrigo Esteban Salas Vaca¹, Diana Gabriela Carpio Álvarez¹, Jairo Andrés Terán Andrade¹, Pablo Xavier Andrade Montalvo²

¹Departamento de Ciencias Económicas Administrativas y de Comercio, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador, Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Sangolquí, Ecuador.

²Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), Quito, Ecuador.

Palabras clave:

Turismo;
Patrimonio cultural;
Sistema de información geográfica;
Ciudad histórica;
Planificación urbana.

Keywords:

Tourism;
Cultural heritage;
Geographic information system;
Historic city;
Urban planning.

Resumen

La visita turística en las ciudades históricas suele concentrarse en un número reducido de nodos patrimoniales y corredores peatonales, generando presiones desiguales que los recuentos agregados de visitantes no permiten reconocer. Este estudio analiza espacialmente la presión turística en Ouro Preto, Brasil, mediante herramientas SIG, con el objetivo de identificar patrones de concentración de visitantes y discutir sus implicaciones para la gestión sostenible del turismo patrimonial. Se adoptó un diseño cuantitativo, no experimental y espacial que integró 90 registros geolocalizados de Flickr, después de la depuración, obtenidos entre el 1 de mayo y el 31 de julio de 2024 y durante el mismo periodo de 2025, junto con inventarios patrimoniales, la red vial y la observación estructurada de campo. La presencia turística se examinó mediante una cuadrícula de 50 × 50 m, estimación de densidad Kernel, agrupamiento DBSCAN, análisis de corredores en red y superposición con bienes patrimoniales. Los resultados identifican un eje de alta presión entre Praça Tiradentes, Museu da Inconfidência, Rua Conde de Bobadela, Largo de Coimbra e Igreja de São Francisco de Assis. Los hallazgos sustentan el monitoreo focalizado, el escalonamiento de grupos guiados, las rutas alternativas y la conservación preventiva.

Abstract

Tourist visitation in historic cities is often concentrated in a small number of heritage nodes and pedestrian corridors, creating uneven pressures that aggregate visitor counts cannot reveal. This study spatially analyzes tourist pressure in Ouro Preto, Brazil, using GIS tools to identify visitor concentration patterns and discuss their implications for sustainable heritage tourism management. A quantitative, non-experimental spatial design integrated 90 cleaned Flickr geolocated records obtained during two equivalent observation windows extending from May 1st to July 31st, 2024 and the same period in 2025, together with heritage inventories, street network, and structured field observation. Tourist presence was examined through a 50 × 50m grid, Kernel Density Estimation, DBSCAN clustering, network-based corridor analysis, and cell-level overlay with heritage assets. The results identify a high-pressure axis connecting Praça Tiradentes, Museu da Inconfidência, Rua Conde de Bobadela, Largo de Coimbra, and Igreja de São Francisco de Assis. Pressure derives less from total visitation than from the convergence of persistent clusters, recurrent pedestrian routes, and heritage-sensitive spaces. The findings support targeted monitoring, staggered guided-group itineraries, alternative routes toward lower-pressure areas, and preventive conservation.

Palavras-chave:

Turismo;
Patrimônio cultural;
Sistema de informação geográfica;
Cidade histórica;
Planejamento urbano.

Revisado entre pares.
Recibido en: 15/03/2026
Aprobado em: 29/07/2026
Editor: Glauber Eduardo de Oliveira Santos.

Resumo

A visitação em cidades históricas tende a se concentrar em um número reduzido de núcleos patrimoniais e corredores de circulação, gerando pressões desiguais que os dados agregados de visitantes não revelam. Este estudo analisa espacialmente a pressão turística em Ouro Preto, Brasil, por meio de ferramentas SIG, com o objetivo de identificar padrões de concentração de visitantes e discutir suas implicações para a gestão sustentável do turismo patrimonial. Adotou-se um desenho quantitativo, não experimental e espacial, integrando 90 registros geolocalizados do Flickr, após depuração, obtidos entre 1º de maio e 31 de julho de 2024 e no mesmo período de 2025, além de inventários patrimoniais, rede viária e observação estruturada de campo. A presença turística foi examinada por uma grade de 50 × 50 m, estimativa de densidade Kernel, agrupamento DBSCAN, análise de corredores em rede e sobreposição com bens patrimoniais. Os resultados identificam um eixo de alta pressão entre Praça Tiradentes, Museu da Inconfidência, Rua Conde de Bobadela, Largo de Coimbra e Igreja de São Francisco de Assis. Os achados fundamentam monitoramento focalizado, escalonamento de grupos guiados, rotas alternativas e conservação preventiva.



Cómo citar: Vaca, R. E. S. et al. (2026). Análisis espacial basado en SIG de la presión turística en Ouro Preto, Brasil: implicaciones para la gestión sostenible del turismo patrimonial. *Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo*, São Paulo, 20, e-3506, 2026. <https://doi.org/10.7784/rbtur.v20.3506>

1 INTRODUCCIÓN

El turismo patrimonial se ha consolidado como una de las expresiones más complejas del turismo contemporáneo, no solo por su capacidad para dinamizar las economías locales y fortalecer la visibilidad internacional de determinados territorios, sino también por los desafíos que plantea en materia de conservación, movilidad, uso del espacio urbano y coexistencia entre las funciones turísticas y residenciales (De Luca et al., 2020; Żemła, 2024).

La distribución espacial de los visitantes dentro de estos destinos rara vez es uniforme; los flujos turísticos tienden a concentrarse en torno a monumentos reconocibles, plazas centrales y ejes comerciales (Beritelli et al., 2020). Debido a que esta concentración genera presiones desiguales sobre el paisaje, las cifras totales de llegadas poseen un valor diagnóstico limitado. Una evaluación precisa requiere desagregar la organización temporal y espacial de la visita, con especial atención a las dinámicas que regulan los desplazamientos físicos, los períodos de permanencia y los recorridos recurrentes (Koens et al., 2018).

La elevada concentración espacial en centros históricos compactos compromete la calidad de la experiencia de los visitantes y altera la movilidad cotidiana de los residentes. Además, incrementa las exigencias de mantenimiento de los bienes patrimoniales sensibles. Comprender la interacción entre estas variables constituye un requisito fundamental, pues proporciona las bases para el diseño de rutas, la orientación de los visitantes, la conservación preventiva y la implementación de medidas diferenciadas de gestión (Falk & Hagsten, 2021; Viñals et al., 2024).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten superar las limitaciones de los enfoques analíticos tradicionales al integrar métricas espaciales con atributos no espaciales. Esta articulación facilita la visualización de las distribuciones territoriales y la medición de variables como la proximidad y la accesibilidad. Asimismo, mediante la identificación de conglomerados, los entornos SIG permiten representar la actividad turística en relación con las características morfológicas específicas de los espacios urbanos (Ciski et al., 2019; Kalvet et al., 2020).

El seguimiento del comportamiento espacial mediante registros y fotografías geolocalizadas permite identificar los puntos de mayor afluencia de visitantes y las redes de atractivos interconectados, revelando las estructuras subyacentes de los recorridos turísticos (Cheng, 2025). Sin embargo, la transformación de los datos procedentes de las redes sociales en información espacial exige cautela metodológica. Los sesgos inherentes a la participación suelen sobrerrepresentar los lugares visualmente llamativos o determinados grupos de usuarios. En consecuencia, esta participación selectiva puede distorsionar la comprensión de las dinámicas espaciales más amplias (Liu et al., 2023).

La literatura actual no ha logrado superar plenamente la brecha existente entre la detección de patrones espaciales y la formulación de políticas operativas para la gestión de visitantes. La utilidad de los mapas de calor y de los conglomerados espaciales depende por completo de su capacidad para orientar procedimientos concretos, particularmente el monitoreo de zonas críticas, el escalonamiento de grupos y la diversificación de rutas. Los marcos operativos deben aprovechar esta información para redirigir los flujos de visitantes hacia espacios subutilizados y emitir alertas preventivas sobre posibles aglomeraciones (Gössling, 2017).

Ouro Preto constituye un caso de estudio particularmente relevante dentro de este marco. Declarada Patrimonio Mundial y antiguo epicentro del ciclo del oro en Brasil, esta ciudad, reconocida por la UNESCO (2021) alberga un notable conjunto urbano y arquitectónico de extraordinaria importancia histórica, artística y simbólica. Su trazado irregular, adaptado a una topografía accidentada, junto con la permanencia de iglesias, puentes, fuentes, edificios civiles y residencias que conservan la fisonomía de los siglos XVIII y XIX, define tanto su singularidad patrimonial como su vulnerabilidad frente a los usos intensivos del espacio.

La propia UNESCO (2021) destaca que “el valor de Ouro Preto radica, en gran medida, en la conservación de su forma urbana, sus materiales y su paisaje histórico, que en conjunto conforman un todo homogéneo de notable integridad” (p. 1). Precisamente por esta razón, la gestión turística de este destino no puede limitarse al conteo de visitantes o a la promoción de sus atractivos; requiere comprender cómo se distribuyen los flujos de visitantes, qué áreas presentan los mayores niveles de uso y cuáles son las implicaciones territoriales de esta concentración para la conservación del patrimonio y la sostenibilidad del destino.

A partir de estas consideraciones, el estudio parte de la premisa de que la presión turística en los destinos patrimoniales no debe comprenderse únicamente como una cuestión relacionada con el volumen agregado de visitantes, sino como una relación espacialmente diferenciada entre los flujos, la concentración, la accesibilidad, la capacidad de carga y la sensibilidad patrimonial (Ruiz et al., 2023).

Las estadísticas agregadas convencionales suelen ocultar patrones turísticos localizados, lo que constituye un vacío analítico que el análisis espacial basado en SIG permite abordar de manera directa. Este enfoque trasciende las interpretaciones generales del crecimiento macroeconómico del turismo y, en su lugar, identifica sus manifestaciones territoriales específicas, proporcionando la base empírica necesaria para implementar prácticas concretas orientadas a la sostenibilidad (Kalvet et al., 2020).

En este contexto, el estudio busca abordar la brecha existente entre el uso descriptivo de los SIG y su aplicación práctica en la gestión sostenible de los destinos patrimoniales. Mediante la integración de registros geolocalizados de visitantes, bienes patrimoniales, redes de circulación e indicadores de concentración espacial, la investigación examina la manera en que la presión turística se configura territorialmente en el centro histórico de Ouro Preto. A partir de este propósito, el estudio se orienta mediante la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se distribuye espacialmente la presión turística en el centro histórico de Ouro Preto y qué implicaciones tienen estos patrones espaciales para la gestión sostenible del turismo patrimonial?

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Presión turística y sostenibilidad en destinos patrimoniales

Los debates recientes sobre el turismo patrimonial han desplazado su atención desde el crecimiento de la demanda hacia los efectos territoriales que generan las visitas en espacios históricos particularmente frágiles. En este marco, la literatura sobre el sobreturismo ha sido fundamental para demostrar que los problemas asociados con la actividad turística no derivan únicamente del volumen de visitantes, sino también de su concentración espacial, de la intensidad de uso de determinadas áreas urbanas y de la limitada capacidad de respuesta de los destinos patrimoniales (Kim et al., 2019).

Maeda et al. (2018) advierten que “el fenómeno continúa siendo difícil de definir», aunque destacan que es multidimensional y complejo, precisamente porque involucra de manera simultánea dinámicas turísticas, urbanas y sociales” (p. 15). En línea similar, Calle et al. (2020) sostienen que “el crecimiento del turismo urbano ha generado una fuerte presión sobre los centros históricos, intensificando externalidades que comprometen tanto la protección del patrimonio como el funcionamiento cotidiano de estos espacios” (p. 18).

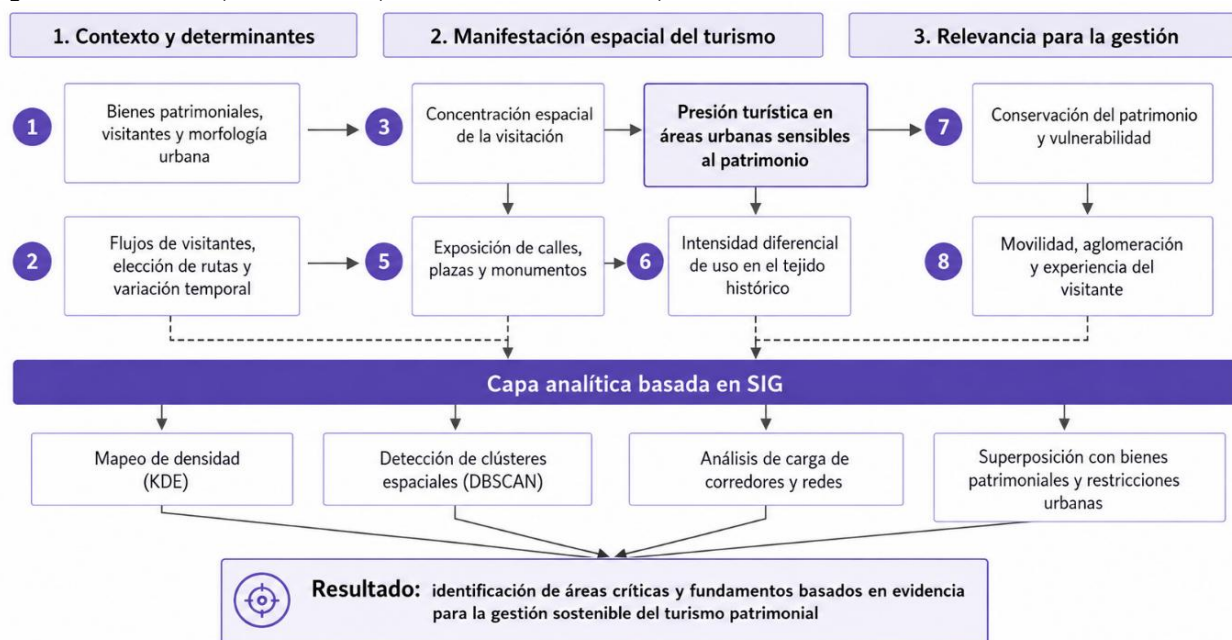
Desde esta perspectiva, la noción de presión turística adquiere especial relevancia para el análisis de los destinos patrimoniales, puesto que permite comprender el turismo no como una cifra agregada de llegadas, sino como una relación espacialmente diferenciada entre los flujos, la concentración, la accesibilidad, la densidad de uso y la sensibilidad del entorno. Esta interpretación se ve reforzada por el planteamiento de Beritelli et al. (2020), quienes proponen “entender el destino turístico como un espacio de flujos, es decir, como una configuración dinámica producida por las trayectorias, los desplazamientos y las decisiones de los visitantes” (p. 10). La consecuencia analítica de este enfoque es clara: en las ciudades históricas, la sostenibilidad del turismo depende menos del número absoluto de visitantes que de la manera en que estos se distribuyen en el espacio y el tiempo, de los nodos

que concentran la mayor intensidad de uso y de los umbrales de saturación alcanzados en las áreas sensibles desde el punto de vista patrimonial.

2.2. Los SIG y el análisis espacial para la gestión del turismo patrimonial

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen una base metodológica particularmente sólida para estudiar la presión turística en los destinos históricos. Su principal fortaleza radica en la capacidad de integrar información territorial, representar patrones de distribución, identificar áreas de concentración y relacionar las dinámicas turísticas con las características morfológicas, funcionales y patrimoniales del espacio urbano (Alvarez & Paniza, 2020).

Figura 1. Marco analítico para examinar la presión turística en un destino patrimonial



Nota. Elaborado por los autores con base en Ciski et al. (2019), Beritelli et al. (2020) y Zubiaga et al. (2019).

Ciski et al. (2019) señalan que “avanzar hacia una gestión sostenible del patrimonio requiere disponer de «información sobre la localización de los bienes y su concentración», observación especialmente pertinente en las ciudades históricas, donde pequeñas variaciones en la densidad de uso del suelo pueden generar efectos significativos sobre la conservación, la movilidad y la experiencia de los visitantes” (p. 14). De manera similar, Teixeira & Ahlert (2012) en un artículo publicado en RBTUR, sostienen que “las herramientas de geoprocésamiento pueden constituirse en «aliadas importantes para la planificación turística y enfatizan que, debido a su naturaleza territorial, el turismo requiere necesariamente una base cartográfica que permita analizar y representar sus impactos” (p. 312).

Las investigaciones más recientes han ampliado aún más el alcance de los SIG mediante el uso de huellas digitales geolocalizadas y sistemas de monitoreo en tiempo real. Jiang et al. (2021) demuestran que “es posible reconstruir las trayectorias espaciotemporales de los visitantes en ciudades declaradas Patrimonio Mundial a partir de miles de fotografías georreferenciadas y técnicas avanzadas de SIG” (p. 15), mientras que Viñals et al. (2024) evidencian que “las tecnologías digitales de monitoreo pueden identificar con elevada precisión situaciones de congestión y saturación en espacios públicos de escala reducida, lo que resulta especialmente valioso en centros históricos caracterizados por calles estrechas y áreas peatonales sensibles” (p. 13).

No obstante, la revisión también revela un vacío en la literatura: muchos de estos estudios se concentran en detectar o representar los flujos, pero no siempre examinan con suficiente profundidad sus implicaciones para la gestión sostenible de los destinos patrimoniales (Arefieva et al., 2021). En este punto se sitúa la contribución del presente artículo, que emplea el análisis espacial no solo para describir las visitas, sino también para interpretar la presión turística como un problema de gestión territorial en Ouro Preto.

2.3. Del diagnóstico espacial a la gestión de los flujos de visitantes

El diagnóstico espacial adquiere relevancia para la gestión cuando orienta intervenciones en la escala específica en la que se manifiesta la presión turística. La gestión de los flujos de visitantes combina medidas directas —como el establecimiento de franjas horarias, la programación de grupos guiados, la organización de accesos, el diseño de rutas y la asignación de puntos de encuentro— con medidas indirectas relacionadas con la información, la señalización y la promoción de atractivos alternativos. El estudio de Viñals et al. (2024) sobre calles históricas demuestra que “las herramientas geoespaciales pueden traducir las limitaciones del espacio peatonal en decisiones operativas relacionadas con los recorridos y la organización de los grupos” (p. 15).

La gestión de la dimensión temporal de la presión turística, uno de los principales focos de atención de la literatura contemporánea, depende de la aplicación coordinada de distintas intervenciones. En particular, la reducción de la concentración de afluencias diarias y estacionales requiere articular la diversificación de itinerarios con respuestas operativas sustentadas en datos. Al mismo tiempo, los canales digitales pueden emplearse como instrumentos activos para orientar las trayectorias de los visitantes antes y durante el recorrido. Esta comunicación focalizada utiliza información transparente sobre la densidad de afluencia para desviar el comportamiento de los visitantes de los horarios y espacios saturados (Rogowski et al., 2025; Shen, 2025).

En las ciudades históricas, estas estrategias deben respetar la jerarquía simbólica del destino y evitar que las áreas periféricas sean tratadas únicamente como espacios destinados a absorber los excedentes de visitantes. La diversificación de rutas debe contribuir a una interpretación más amplia del paisaje patrimonial, involucrar a los actores locales y considerar aspectos como la accesibilidad, la pendiente del terreno, la capacidad de los servicios y la aceptación de la comunidad. Esta perspectiva de gestión proporciona la base interpretativa para el análisis espacial aplicado en Ouro Preto.

3 METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la Investigación

El estudio adoptó un diseño de investigación cuantitativo, no experimental y espacial, orientado a identificar, representar e interpretar la distribución territorial de la presión turística en un destino urbano patrimonial. La estrategia metodológica integró información georreferenciada sobre la presencia y movilidad de los visitantes, la estructura urbana, los bienes patrimoniales y las características funcionales del área turística (Boers & Cottrell, 2007). La presión turística se abordó como un fenómeno territorialmente diferenciado, observable mediante la intensidad de uso, la formación de conglomerados, la carga de los corredores y la superposición con espacios sensibles desde el punto de vista patrimonial.

Figura 2 - Marco metodológico para el análisis espacial de la presión turística en Ouro Preto, Brasil



Nota. Elaborado por los autores a partir de los procedimientos metodológicos descritos en las secciones 3.1 a 3.6.

La investigación se organizó en cuatro etapas interrelacionadas, como se muestra en la Figura 2. En primer lugar, se delimitaron el área de estudio y las unidades de análisis. En segundo lugar, se estructuró una base de datos geoespacial a partir de capas correspondientes a los bienes patrimoniales, la red vial, los registros de visitantes y las observaciones de campo. En tercer lugar, la presión turística se analizó mediante procedimientos de densidad, agrupamiento espacial, análisis de redes y superposición de capas. Finalmente, los resultados espaciales fueron triangulados e interpretados en función de la gestión sostenible del turismo patrimonial.

3.2. Área de estudio

El estudio se lleva a cabo en Ouro Preto, Brasil, ciudad inscrita en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO por su excepcional valor histórico, urbano y arquitectónico. El núcleo inscrito comprende una superficie de 167,8 hectáreas y cuenta con una zona de amortiguamiento de 2.036,9 hectáreas, lo que proporciona una base territorial claramente definida para delimitar analíticamente el área patrimonial y sus zonas de influencia (UNESCO, 2021).

La ciudad conserva un trazado urbano irregular adaptado a pendientes pronunciadas, con una elevada concentración de iglesias, edificios civiles, puentes, fuentes y espacios públicos de gran valor simbólico. Al mismo tiempo, la UNESCO advierte sobre su vulnerabilidad frente al crecimiento urbano, el tráfico y los efectos de la actividad turística. Estas características convierten a Ouro Preto en un caso de estudio especialmente pertinente para examinar cómo se distribuyen las visitas turísticas en el área histórica y de qué manera dicha distribución puede incidir en la gestión sostenible del destino.

En términos analíticos, la principal unidad espacial del estudio será una cuadrícula regular de 50 × 50 metros, superpuesta al sitio patrimonial y a su entorno inmediato. Esta decisión permite captar variaciones intraurbanas sutiles y evita que el análisis se diluya en unidades administrativas excesivamente amplias. Adicionalmente, la red peatonal y vial se utilizará como unidad lineal de análisis para estimar la carga sobre los corredores turísticos y los ejes de circulación.

3.3. Fuentes de datos y alcance temporal

El análisis integró cuatro conjuntos de datos complementarios.

La primera capa correspondió a la base patrimonial y turística e incluyó iglesias, museos, miradores, plazas, equipamientos turísticos y otros puntos de interés. Esta información se recopiló a partir de inventarios oficiales, mapas municipales y bases de datos públicas sobre patrimonio.

La segunda capa representó la red vial y la estructura urbana, con especial atención a calles, escalinatas, plazas, pendientes y conexiones peatonales. Esta capa sustentó el análisis de la accesibilidad, la continuidad espacial y las rutas probables de desplazamiento (Reinhold et al., 2020).

La tercera capa estuvo constituida por registros geolocalizados de visitantes obtenidos de Flickr, plataforma que dispone de una huella espacial verificable y cuenta con aplicaciones consolidadas en la investigación turística y patrimonial (Domènech et al., 2020; Liu et al., 2023). La recopilación inicial correspondiente a los dos períodos anuales de observación fue sometida a un proceso de depuración para eliminar coordenadas duplicadas y publicaciones repetidas, registros ubicados fuera del polígono patrimonial y de su entorno inmediato, así como observaciones que carecían de coordenadas geográficas utilizables. Tras este proceso, el corpus analítico final quedó conformado por 90 registros. De ellos, 73 fueron asignados mediante DBSCAN a uno de los tres conglomerados espaciales identificados, mientras que los 17 restantes se conservaron como observaciones no agrupadas. Los registros se utilizaron para identificar áreas de concentración y, cuando un mismo usuario contaba con más de un registro ordenado temporalmente, para reconstruir secuencias probables de desplazamiento.

La cuarta capa estuvo integrada por observaciones de campo estructuradas realizadas en puntos críticos seleccionados del centro histórico. La evidencia de campo se utilizó para contrastar los patrones cartografiados con la concentración peatonal visible, la ocupación del espacio público, los conflictos de movilidad y los indicios de uso intensivo (Pasquinelli & Trunfio, 2020). La observación de campo se empleó como un procedimiento complementario de validación y no como un sistema de monitoreo continuo durante los dos períodos anuales analizados.

Los parámetros temporales del estudio estuvieron constituidos por dos períodos idénticos de observación de tres meses, comprendidos entre el 1 de mayo y el 31 de julio de 2024 y 2025. Este intervalo permitió captar la evolución empírica entre la actividad turística moderada registrada en mayo y el incremento del volumen de visitantes en

julio, impulsado por los recesos académicos y la ampliación de la programación cultural, sin fundamentar el conjunto de datos en picos atípicos de turismo masivo, como el Carnaval o la Semana Santa. La aplicación de límites temporales idénticos en años consecutivos fortaleció considerablemente la comparabilidad interanual, al reducir la incidencia de circunstancias particulares propias de un único ciclo anual.

Los registros correspondientes a ambos períodos anuales se integraron en un único corpus analítico. El propósito no fue comparar de manera independiente los meses o los años, sino identificar patrones espaciales recurrentes bajo condiciones estacionales comparables. En consecuencia, los análisis de densidad KDE, agrupamiento DBSCAN, carga de corredores y superposición patrimonial se aplicaron al corpus combinado de 90 registros. Por tanto, los resultados representan las dinámicas de presión turística durante el período comprendido entre mayo y julio y no deben generalizarse al ciclo anual completo ni a eventos excepcionales de afluencia masiva. Los metadatos temporales permitieron ordenar secuencialmente los registros cuando esta información se encontraba disponible; sin embargo, no se estimó un modelo horario de presión, debido a que las marcas temporales no presentaban la sistematicidad suficiente en la totalidad del corpus para sustentar una comparación fiable hora por hora.

3.4. Operacionalización de la presión turística

La presión turística se operacionalizó mediante tres dimensiones complementarias: intensidad de la presencia, concentración espacial y carga sobre los corredores de circulación. La exposición patrimonial se consideró una condición transversal para interpretar la sensibilidad de los espacios en los que convergían estas dimensiones.

La intensidad de la presencia se estimó a partir del número y la densidad de registros geolocalizados dentro de cada celda de 50×50 m. Este indicador permitió identificar los sectores en los que la actividad turística se registró con mayor frecuencia.

La concentración espacial se examinó mediante la estimación de densidad de Kernel (KDE) y el algoritmo DBSCAN. Con el fin de garantizar la coherencia metodológica con la escala microespacial de la cuadrícula de 50×50 m, para el análisis KDE se seleccionaron un kernel cuártico, un radio de búsqueda de 100 m y un tamaño de celda de salida de 50 m. De este modo, la distancia de suavizado se mantuvo estrictamente controlada. En cuanto al agrupamiento mediante DBSCAN, el protocolo estableció una distancia épsilon (ϵ) de 50 m y un umbral mínimo de cinco registros ($\text{minPts} = 5$). Estos parámetros permitieron considerar como vecinos espaciales los registros ubicados dentro de una distancia equivalente al ancho de una celda de la cuadrícula y exigieron la existencia de un conjunto localmente recurrente de observaciones antes de aceptar la formación de un núcleo. Los conglomerados obtenidos se contrastaron con la superficie KDE y con las observaciones de campo, a fin de evitar que puntos aislados fueran interpretados como núcleos turísticos consolidados (Li et al., 2018; Zhang et al., 2019).

La carga de los corredores se estimó mediante la proyección de los registros geolocalizados y de las trayectorias probables sobre la red peatonal. En el caso de los usuarios que contaban con registros ordenados temporalmente, se reconstruyó la conexión más viable dentro de la red entre puntos sucesivos, siguiendo una lógica de distancia mínima. Las frecuencias resultantes se utilizaron de manera comparativa para identificar los tramos viales que concentraban desplazamientos recurrentes (Jia et al., 2025).

Una celda o un tramo vial se clasificó como área de alta presión turística cuando cumplía al menos dos de las siguientes condiciones independientes:

- a) su densidad de registros se encontraba por encima del percentil 75;
- b) formaba parte de un conglomerado espacial de alta concentración; o
- c) coincidía con un corredor de circulación de alta carga.

El percentil 75 se utilizó como un umbral exploratorio basado en la distribución de los datos, con el propósito de aislar el cuartil superior de los valores de densidad ante la ausencia de un umbral oficial local de capacidad de carga. No se interpretó como un límite universal de saturación. La exigencia de una segunda condición independiente redujo la dependencia exclusiva del percentil y permitió establecer una clasificación más transparente y replicable de las áreas críticas.

3.5. Procedimiento de análisis espacial

Todo el procesamiento espacial se realizó en QGIS 3.34 LTR. Las capas se estandarizaron en el sistema SIRGAS 2000 / UTM zona 23S (EPSG:31983), sistema de referencia proyectado adecuado para el análisis métrico en Ouro

Preto, y fueron sometidas a un control de calidad topológica. Posteriormente, se construyó una geodata-base integrada por cuatro componentes principales: el límite del bien inscrito por la UNESCO y el inventario municipal de patrimonio, la red peatonal y vial de OpenStreetMap, los 90 registros depurados de Flickr y la cuadrícula analítica de 50 × 50 m (Kovalcsik et al., 2022).

En primer lugar, se generaron mapas de distribución de puntos, densidad KDE y conglomerados espaciales. Posteriormente, estos resultados se contrastaron con la proximidad a los bienes patrimoniales, la accesibilidad peatonal, la centralidad de los ejes de circulación, la pendiente y la estrechez de las calles. La exposición patrimonial se registró cuando un bien patrimonial cartografiado o un espacio público sensible se encontraba dentro de una celda de 50 × 50 m clasificada como de alta presión o a una distancia máxima de 25 m de un corredor de alta carga. Con el propósito de restringir el indicador al contexto inmediato del espacio vial, se seleccionó una distancia de 25 m, equivalente a la mitad del ancho de la celda analítica. Los datos derivados de este criterio se utilizaron para identificar la exposición desde la perspectiva de la gestión y la necesidad posterior de implementar un monitoreo preventivo. Es importante señalar que esta métrica no aportó evidencia sobre deterioro material (Capocchi et al., 2019; Orozco et al., 2023).

Finalmente, se elaboró un mapa integrado que clasificó el área de estudio en niveles de presión baja, media y alta mediante el método de rupturas naturales de Jenks. Esta clasificación respaldó la interpretación de las necesidades relacionadas con la redistribución de rutas, la organización de grupos guiados, la señalización, el monitoreo, el mantenimiento y la definición de prioridades de intervención.

3.6. Validez, confiabilidad y consideraciones éticas

La validez se fortaleció mediante la triangulación de los resultados espaciales, la observación de campo y el inventario patrimonial. La verificación in situ se realizó en días laborables y fines de semana seleccionados dentro de los períodos de observación comprendidos entre mayo y julio, con el propósito de determinar si las áreas críticas cartografiadas también presentaban, en términos comparativos, una mayor concentración peatonal y ocupación del espacio público.

Las huellas digitales geolocalizadas presentan limitaciones de representatividad, debido a que no todos los visitantes publican contenido y el uso de las plataformas varía entre los distintos grupos sociales. Por esta razón, los resultados se interpretaron como patrones espaciales relativos y no como un censo completo de visitantes. La combinación de los registros de Flickr con fuentes cartográficas y observaciones de campo redujo esta limitación, aunque no la eliminó por completo (Martí et al., 2019; Cheng, 2025).

Únicamente se utilizaron registros de acceso público. La información se procesó de forma agregada y anonimizada, sin identificar a usuarios individuales. La observación de campo no registró información personal identificable y se limitó al análisis de los patrones espaciales de uso.

La Tabla 1 sintetiza las dimensiones, variables, indicadores operativos, fuentes de datos y técnicas empleadas para construir la evaluación espacial de la presión turística.

Tabla 1 - Variables e indicadores para el análisis especial de la presión turística

Dimensión	Variable	Indicador operativo	Fuente principal	Técnica de análisis
Presencia turística	Intensidad de las visitas	Número de registros geolocalizados por celda de la cuadrícula	Corpus depurado de Flickr (n = 90)	Conteo espacial y KDE
Concentración espacial	Agrupamiento espacial	Conglomerados de actividad de visitantes con alta proximidad espacial	Corpus depurado de Flickr: 73 registros agrupados y 17 observaciones no agrupadas	DBSCAN (ε = 50 m; minPts = 5)
Movilidad	Carga de los corredores	Frecuencia de paso por los tramos viales	Trayectorias reconstruidas de los visitantes	Análisis de redes en QGIS 3.34 LTR
Sensibilidad patrimonial	Exposición de los bienes patrimoniales	Celda de alta presión o bien patrimonial situado a menos de 25 m de un corredor de alta carga	Inventario municipal de patrimonio / límite del bien inscrito por la UNESCO	Superposición espacial basada en celdas
Condición urbana	Restricción morfológica	Pendiente, estrechez de las calles y centralidad de los corredores	Red vial y datos espaciales urbanos	Análisis espacial multicapa

Nota. Elaborado por los autores.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

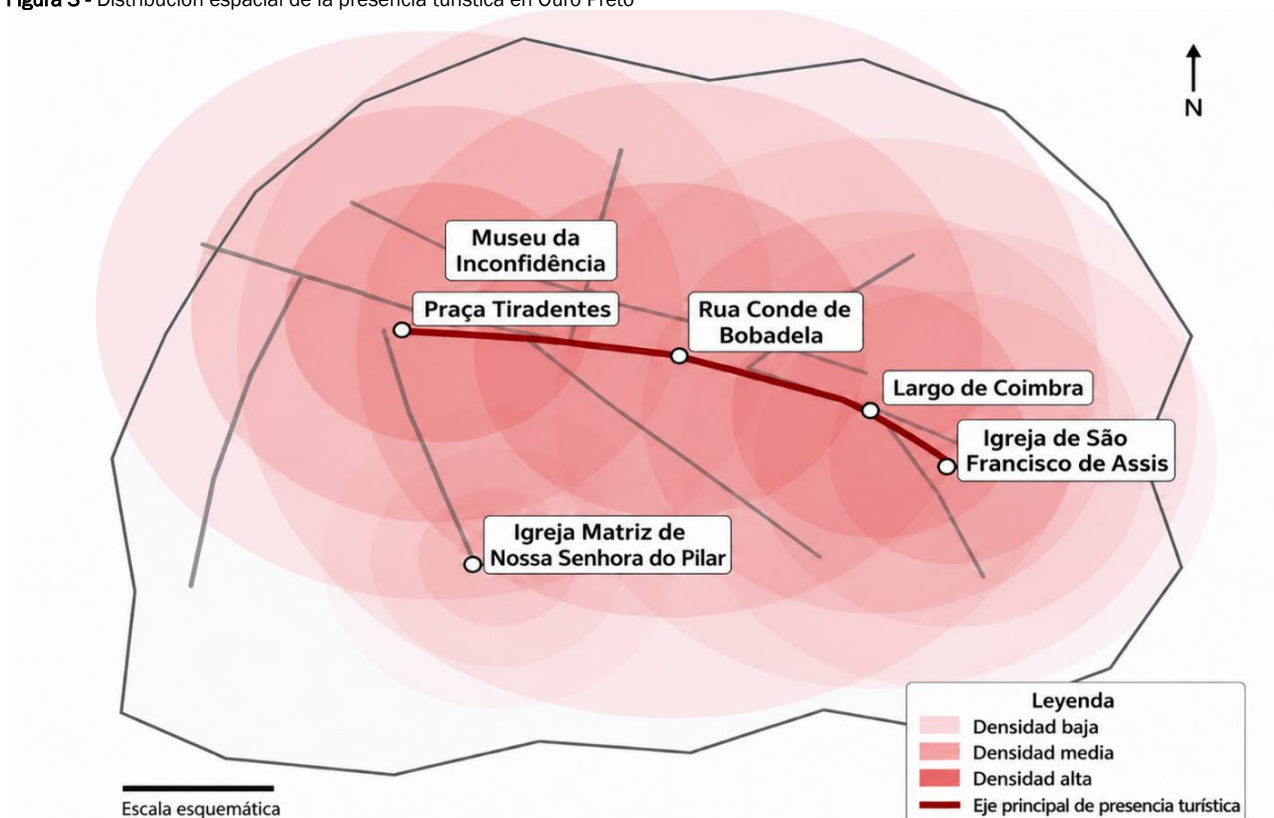
4.1. Distribución espacial de la presencia turística

El análisis de los registros geolocalizados confirmó que la densidad turística dentro del perímetro patrimonial se encontraba altamente polarizada. Las visitas se concentraron principalmente en torno a un eje central de alta intensidad (véase la Figura 3). Esta estructura nuclear integró la Praça Tiradentes y el Museu da Inconfidência. Al mismo tiempo, el eje se extendió a lo largo de la Rua Conde de Bobadela (Rua Direita) hacia los alrededores de la Igreja de São Francisco de Assis. Según Ferreira y Teixeira-da-Silva (2023), estos entornos funcionaron simultáneamente como puntos de anclaje espacial y articuladores de la circulación peatonal.

La superficie KDE identificó la mayor concentración en torno a la Praça Tiradentes y el Museu da Inconfidência, sector que funciona como punto de llegada, permanencia y redistribución de visitantes. Desde este núcleo, la intensidad se prolongó linealmente a lo largo de la Rua Conde de Bobadela y hacia el Largo de Coimbra y la Igreja de São Francisco de Assis. Esta configuración indica que el atractivo monumental, las funciones comerciales y la conectividad de las rutas se refuerzan mutuamente a lo largo de un mismo eje patrimonial.

La polarización espacial se hizo evidente a partir de la menor presencia turística observada fuera del eje monumental central. La configuración resultante confirmó un fenómeno de centralidad selectiva. El circuito dominante restringió la experiencia de los visitantes a un número limitado de lugares; al mismo tiempo, amplios sectores del tejido histórico funcionaron de manera periférica. A partir de estos datos, la definición tradicional de los destinos como una simple agrupación de atractivos resultó insuficiente. La evidencia respaldó el planteamiento de Beritelli et al. (2020), según el cual los destinos operan como espacios sistémicos articulados por flujos y nodos de conexión.

Figura 3 - Distribución espacial de la presencia turística en Ouro Preto



Nota. Elaborado por los autores a partir del corpus depurado de Flickr ($n = 90$; mayo-julio de 2024 y 2025), el límite del bien declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, el inventario de patrimonio municipal de Ouro Preto y datos de OpenStreetMap, procesados en QGIS 3.34 LTR.

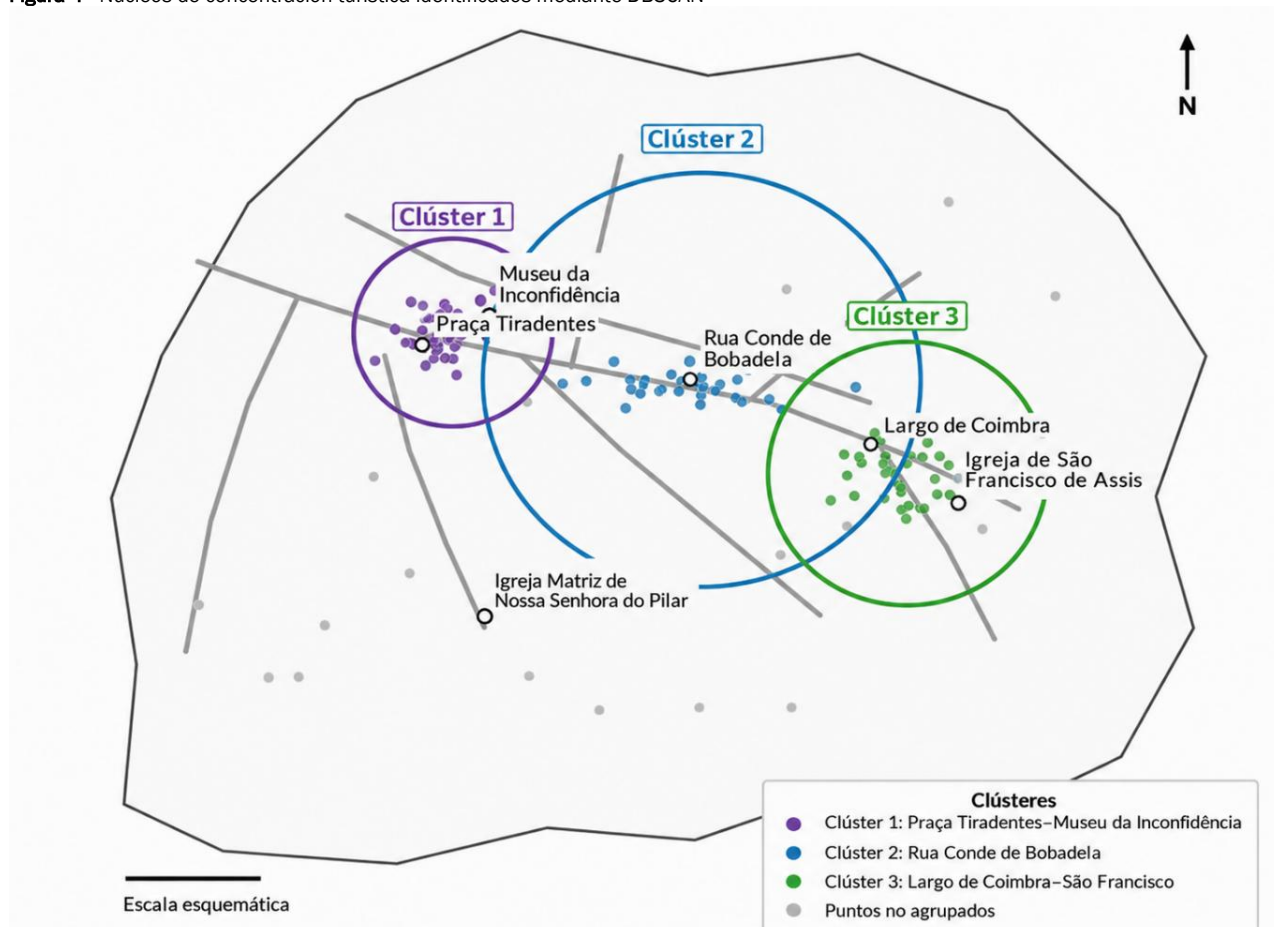
4.2. Concentración espacial y configuración de los núcleos turísticos

El algoritmo DBSCAN proporcionó una representación más discreta de las concentraciones recurrentes que la superficie continua obtenida mediante KDE. Como se muestra en la Figura 4, 73 de los 90 registros depurados (81,1 %) fueron asignados a tres núcleos turísticos, mientras que 17 registros (18,9 %) permanecieron sin agrupar.

El Clúster 1, integrado por Praça Tiradentes y el Museu da Inconfidência, presentó una configuración espacial compacta. En consecuencia, este agrupamiento registró la mayor densidad local y concentró el 22,2 % del corpus ($n = 20$). El Clúster 2 ($n = 25$; 27,8 %) mostró una distribución espacial diferente, al extenderse linealmente a lo largo de Rua Conde de Bobadela. En este sector, la convergencia de funciones comerciales, culturales y peatonales sostuvo un patrón de uso recurrente. Finalmente, el Clúster 3 se extendió hasta Largo de Coimbra y la Igreja de São Francisco de Assis, y concentró el 31,1 % de los datos ($n = 28$) en áreas donde la visibilidad escénica y el elevado valor arquitectónico reforzaron activamente la concentración de visitantes.

La interpretación de estos núcleos trascendió su condición de lugares populares. Su relevancia sistémica se sustentó en la recurrencia, proximidad y persistencia general de la actividad de los visitantes. De acuerdo con el planteamiento de Martí et al. (2019), estas dinámicas configuraron áreas propensas a la congestión inmediata, la fricción funcional y el incremento de las exigencias de gestión. Este resultado confirmó la existencia de una jerarquía espacial altamente estratificada, en la que un número reducido de sectores concentró la mayor parte del uso turístico cultural.

Figura 4 - Núcleos de concentración turística identificados mediante DBSCAN



Nota. Elaborado por los autores a partir del corpus depurado de Flickr ($n = 90$; mayo-julio de 2024 y 2025) mediante DBSCAN ($\epsilon = 50$ m; $\text{minPts} = 5$) en QGIS 3.34 LTR.

4.3. Visitor corridor load and heritage exposure

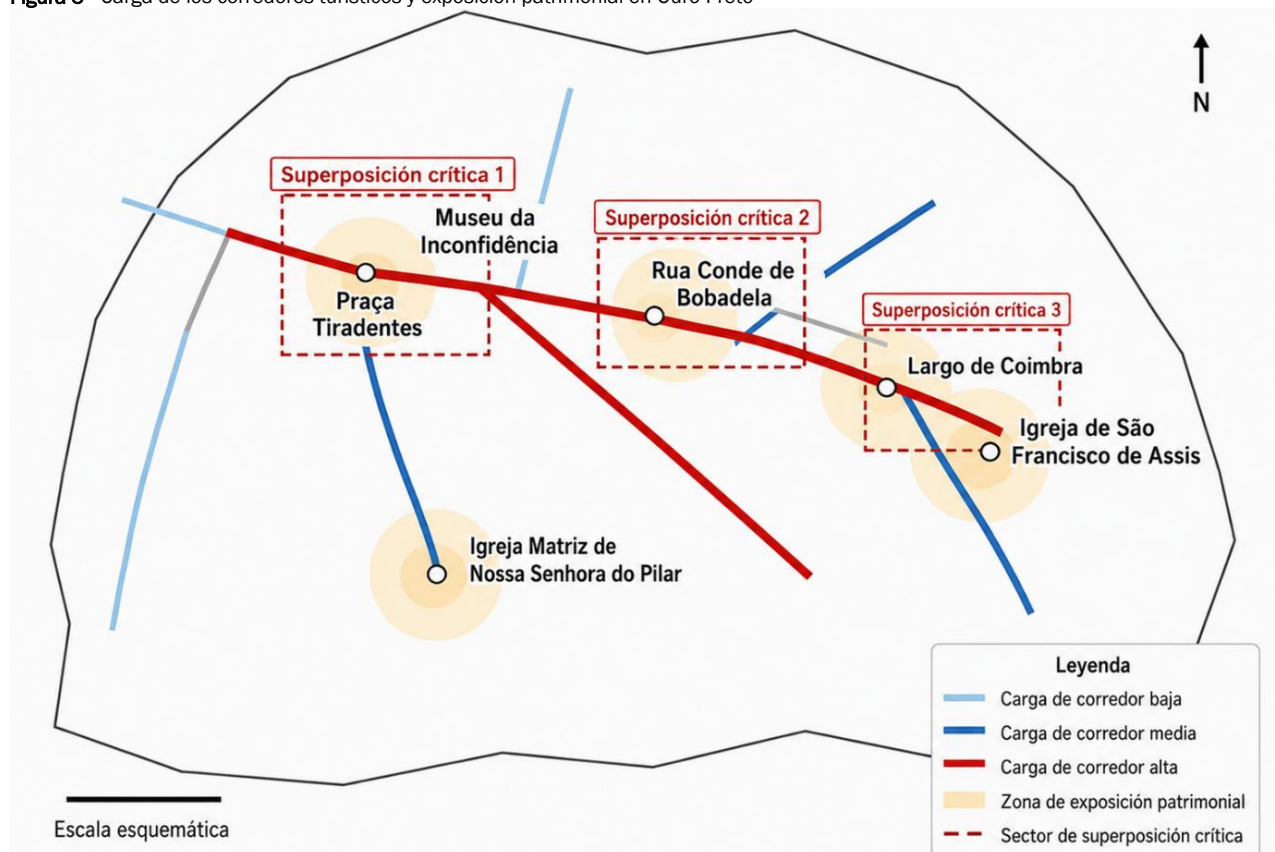
La reconstrucción de las trayectorias probables y su proyección sobre la red peatonal mostraron que la movilidad se canalizó preferentemente a través de corredores con elevada conectividad simbólica y funcional. La Figura 5 presenta la carga relativa de estas rutas y su superposición con áreas sensibles desde el punto de vista patrimonial.

El principal corredor de alta carga atravesó el núcleo histórico desde Praça Tiradentes hasta Rua Conde de Bobadela. Desde este punto, el trazado se extendió hacia Largo de Coimbra y la Igreja de São Francisco de Assis. Paralelamente, un vector espacial secundario conectó este circuito principal con los alrededores de la Igreja Matriz de Nossa Senhora do Pilar. La proximidad espacial al eje dominante de visitantes, combinada con la relevancia monumental propia del lugar, determinó esta expansión secundaria de la red.

Por tanto, la presión turística no se manifestó únicamente en los nodos de atracción, sino también a lo largo de las rutas que los conectan. Estos tramos viales acumulan desplazamientos peatonales, saturación visual, ocupación del espacio público y mayores exigencias de mantenimiento, especialmente en aquellos sectores donde la sección urbana es estrecha o presenta pendientes pronunciadas.

La exposición patrimonial aumentó en los puntos donde los corredores de alta carga se intersectaron con celdas que contenían monumentos o espacios públicos sensibles. Este hallazgo no demuestra por sí mismo la existencia de deterioro físico; más bien, identifica lugares en los que coinciden el uso turístico recurrente y la sensibilidad patrimonial, y donde el monitoreo preventivo se encuentra más justificado (Ciski et al., 2019).

Figura 5 - Carga de los corredores turísticos y exposición patrimonial en Ouro Preto



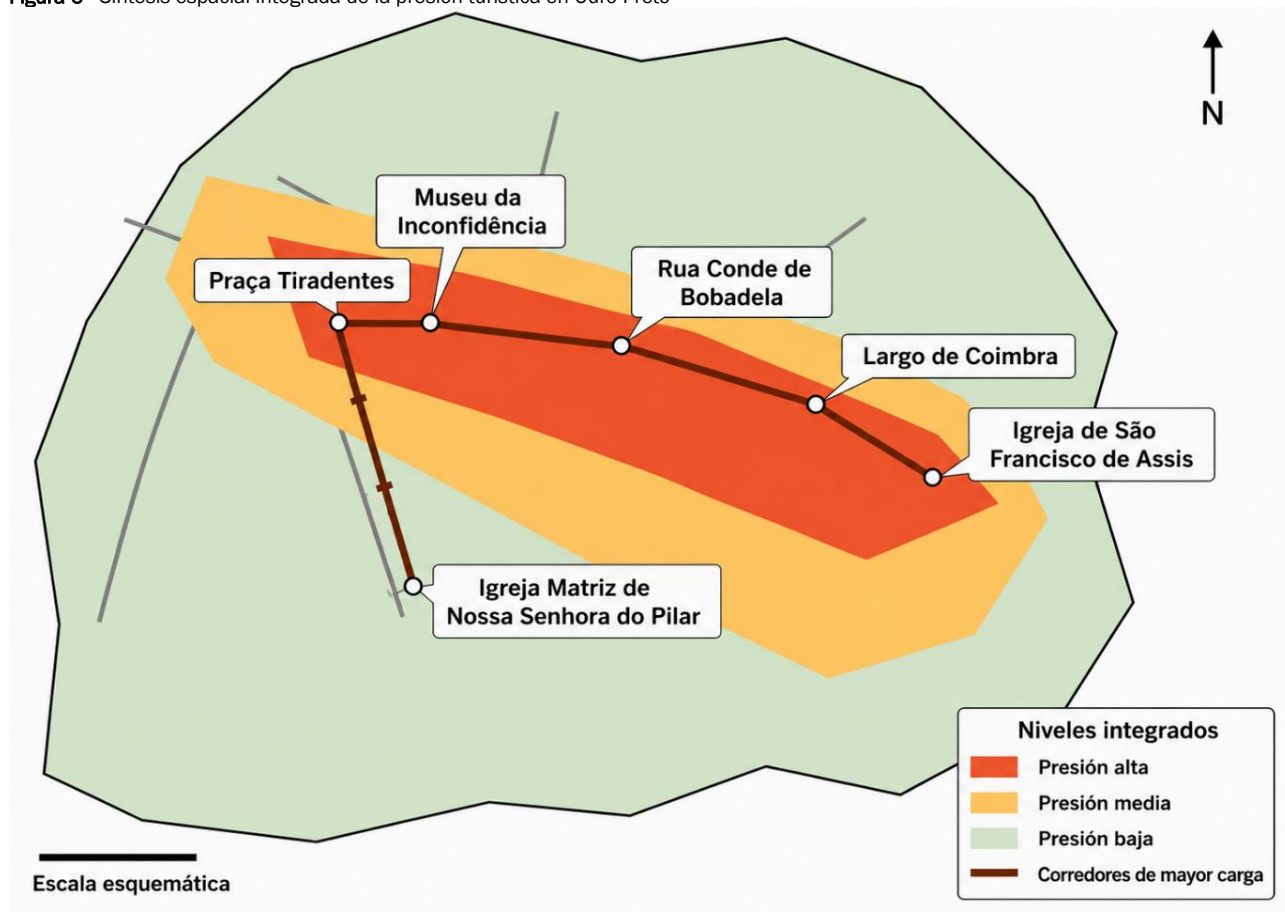
Nota. Elaborado por los autores a partir de datos de la red peatonal de OpenStreetMap, trayectorias probables de Flickr y el inventario de patrimonio municipal de Ouro Preto, procesados en QGIS 3.34 LTR.

4.4. Síntesis territorial de la presión turística

La integración metodológica de la carga de los corredores, el agrupamiento espacial y las métricas de intensidad permitió construir la síntesis territorial representada cartográficamente en la Figura 6. El sector de mayor presión se concentró espacialmente en un corredor histórico específico. Este eje articuló Praça Tiradentes, el Museu da Inconfidência y Rua Conde de Bobadela, y se extendió directamente hacia Largo de Coimbra y la Igreja de São Francisco de Assis. De manera decisiva, en este dominio lineal convergieron simultáneamente las tres dimensiones analíticas.

Una zona de presión media se extendió hacia sectores adyacentes conectados con el eje monumental, pero caracterizados por una presencia menos persistente o una menor carga de corredores. Las zonas de baja presión se localizaron principalmente en las áreas periféricas del polígono patrimonial, donde los registros se encontraban dispersos y no conformaban conglomerados estables.

Esta clasificación confirma que la presión turística en Ouro Preto es territorialmente selectiva. La centralidad patrimonial, la accesibilidad peatonal, la densidad de visitantes y la conectividad funcional se superponen en un número limitado de espacios, lo que permite asignar prioridades de gestión a una escala microespacial, en lugar de hacerlo de manera uniforme en todo el centro histórico.

Figura 6 - Síntesis espacial integrada de la presión turística en Ouro Preto

Nota. Elaborado por los autores a partir de la clasificación de densidad integrada, DBSCAN, carga del corredor y exposición del patrimonio, utilizando tres clases de rupturas naturales de Jenks en QGIS 3.34 LTR.

4.5. Implicaciones para la gestión sostenible del turismo patrimonial

Los patrones espaciales identificados en Ouro Preto sustentaron un marco de gestión diferenciada basado en la intensidad territorial de la presión turística. En el eje de alta presión, la circulación de visitantes se organizó mediante horarios escalonados de salida para los grupos guiados que partían desde Praça Tiradentes. Esta medida evitó la concentración simultánea de varios grupos a lo largo de Rua Conde de Bobadela y Largo de Coimbra. Su implementación requirió una programación coordinada entre la autoridad municipal de turismo, los guías turísticos y los operadores turísticos locales. El Museu da Inconfidência y los sitios de patrimonio religioso también se incorporaron a este protocolo de programación.

La diversificación de rutas complementó la programación de las visitas mediante la incorporación de señalización interpretativa, mapas digitales y protocolos estandarizados para los guías. Este marco operativo permitió redistribuir activamente los flujos peatonales hacia sectores de menor presión. En particular, el circuito alternativo propuesto incorporó la Igreja de Santa Efigênia y los miradores cercanos. Esta ampliación geográfica extendió la experiencia de los visitantes más allá del principal eje monumental, sin reducir la relevancia inherente de los atractivos principales. Su ejecución logística exigió una parametrización precisa de las distancias de recorrido, las pendientes, los horarios de apertura, las condiciones de accesibilidad y los tiempos estimados de desplazamiento.

A partir de la clasificación espacial de la presión se estableció un sistema de monitoreo por niveles. En este marco, las celdas de alta presión requirieron una observación rigurosa de los flujos peatonales y acciones específicas de mantenimiento preventivo, acompañadas de información en tiempo real sobre las aglomeraciones. Las zonas de presión media cumplieron una función logística diferente, al operar como conexiones alternativas destinadas a diversificar los circuitos existentes. En los sectores de baja presión, la integración se planteó de manera gradual, previa evaluación de la capacidad de los servicios y de la aceptación de la comunidad. El ajuste sistemático de las rutas y de los horarios de los grupos a lo largo del tiempo se sustentó en la comparación de patrones estacionales y de las diferencias registradas entre días laborables y fines de semana (Gössling, 2021; Rogowski et al., 2025).

Debido a que la información temporal disponible se utilizó principalmente para ordenar los registros secuenciales, el presente estudio no plantea una estimación horaria de la capacidad de carga. En una fase posterior de monitoreo deberá desarrollarse un análisis horario específico mediante conteos sistemáticos o un conjunto de datos más denso que incluya marcas temporales.

Los resultados analíticos y sus implicaciones para la gestión se sintetizan en la Tabla 2. Posteriormente, la Tabla 3 compara los principales sectores del centro histórico de acuerdo con los cuatro componentes de la presión turística.

Tabla 2 - Resumen de resultados por dimensión analítica

Dimensión	Indicador principal	Resultado obtenido	Interpretación territorial	Implicación para la gestión
Presencia turística	Densidad de registros geolocalizados por celda de la cuadrícula	Mayor intensidad a lo largo del eje Praça Tiradentes–Museu da Inconfidência–Rua Conde de Bobadela	Uso turístico fuertemente concentrado en el núcleo monumental central	Priorizar el monitoreo y la regulación del uso peatonal
Concentración espacial	Conglomerados DBSCAN ($\epsilon = 50$ m; minPts = 5)	Tres núcleos: $n = 20$, $n = 25$ y $n = 28$; 17 registros permanecieron sin agrupar	Concentración persistente en nodos patrimoniales con elevada centralidad	Coordinar los horarios de los grupos guiados y monitorear las permanencias prolongadas
Movilidad	Carga de los corredores	Alta circulación a lo largo del eje Praça Tiradentes–Rua Conde de Bobadela–Largo de Coimbra	Predominio de trayectorias selectivas y rutas recurrentes	Escalonar las salidas de los grupos y diversificar las rutas de los visitantes
Sensibilidad patrimonial	Superposición con bienes sensibles	Superposición entre corredores de alta carga y sectores monumentales del centro histórico	Mayor exposición patrimonial al uso intensivo	Priorizar el mantenimiento preventivo y la señalización interpretativa
Síntesis territorial	Clasificación integrada de la presión	Alta presión en el eje monumental central; presión media en los sectores adyacentes; presión baja en las áreas periféricas del tejido histórico	Jerarquía espacial del problema de la presión turística	Definir prioridades diferenciadas de monitoreo y conservación

Nota. Elaborado por los autores.

Tabla 3 - Clasificación territorial de la presión turística en el centro histórico de Ouro Preto

Sector	Intensidad de la presencia	Concentración espacial	Carga de los corredores	Exposición patrimonial	Nivel de presión
Praça Tiradentes–Museu da Inconfidência	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Rua Conde de Bobadela (Rua Direita)	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Largo de Coimbra–Igreja de São Francisco de Assis	Alta	Alta	Media-alta	Alta	Alta
Alrededores de la Igreja Matriz de Nossa Senhora do Pilar	Media	Media	Media	Alta	Media
Sectores periféricos del polígono patrimonial	Baja	Baja	Baja	Media	Baja

Nota. Elaborado por los autores.

4.6 Discusión

Los resultados muestran que la presión turística en Ouro Preto se organiza en torno a un eje patrimonial central, en lugar de manifestarse como una ocupación homogénea del centro histórico. La concentración detectada en Praça Tiradentes, Museu da Inconfidência, Rua Conde de Bobadela e Igreja de São Francisco de Assis confirma que las visitas patrimoniales se estructuran mediante nodos y rutas de alta frecuencia. Esta configuración coincide con lo observado por Domènech et al. (2020) en Toledo, donde las fotografías georreferenciadas permitieron reconstruir trayectorias de visitantes asociadas con la red urbana y la localización de los principales recursos patrimoniales. De manera similar, en Ouro Preto, la distribución espacial de los registros no responde a una lógica aleatoria, sino a una organización territorial estrechamente vinculada con la centralidad histórica y funcional del destino. En este sentido, los hallazgos también respaldan la concepción del destino como un “espacio de flujos”, en el que la experiencia turística depende de corredores y puntos de articulación, más que de una simple suma de atractivos aislados.

Al mismo tiempo, la identificación de tres áreas de alta concentración y de corredores con elevada carga de circulación sitúa el caso de Ouro Preto dentro de una problemática ya documentada en otros centros históricos sometidos a usos intensivos. Zubiaga et al. (2019) demuestran que el monitoreo de los flujos de visitantes en los centros históricos constituye una base operativa para una gestión más inteligente del sobreturismo, mientras que Viñals et al. (2024) subrayan la necesidad de detectar situaciones de saturación y congestión en espacios históricos de escala microespacial. Los resultados de Ouro Preto convergen con estas investigaciones al evidenciar que la presión turística se intensifica precisamente en los lugares donde coinciden la permanencia, el tránsito y la sensibilidad patrimonial. Sin embargo, el caso brasileño incorpora un matiz relevante: la topografía accidentada y la morfología

irregular del tejido urbano parecen reforzar la concentración de las visitas en unos pocos ejes estructurantes, lo que convierte la presión turística no solo en una cuestión de densidad, sino también de conectividad espacial restringida.

Desde el punto de vista metodológico, los resultados confirman que el uso de SIG combinado con huellas digitales geolocalizadas permite pasar de una lectura descriptiva del turismo a una interpretación territorialmente operativa. Nolasco et al. (2022) demostraron en Bucarest que los datos geolocalizados pueden delimitar áreas urbanas de interés turístico y respaldar el diseño de estrategias futuras. De forma análoga, en Ouro Preto, el análisis no solo permitió localizar las áreas de visita intensa, sino también integrar la densidad, el agrupamiento espacial y la carga de los corredores en una síntesis territorial de la presión turística. Esta articulación representa una contribución significativa, porque evita reducir el análisis a mapas de calor aislados y lo transforma en una herramienta para priorizar sectores críticos. En la misma línea, Ciski et al. (2019) enfatizan que la gestión patrimonial requiere “información sobre la localización de los bienes y su concentración”. Precisamente en este aspecto radica una de las principales contribuciones del estudio: traducir las visitas turísticas en evidencia espacial útil para la gestión de un destino patrimonial complejo.

En términos de gestión, los resultados sugieren que las respuestas no deben dirigirse al centro histórico de Ouro Preto como un conjunto homogéneo, sino aplicarse mediante una lógica de priorización espacial. La correspondencia entre la densidad de visitantes, los conglomerados turísticos y la carga de circulación a lo largo del eje monumental central indica que los esfuerzos de monitoreo, redistribución de rutas, señalización y mantenimiento preventivo deben concentrarse en este sector. Esta interpretación es coherente con la literatura que concibe la presión turística como un fenómeno “multidimensional y complejo” y reconoce que el crecimiento del turismo urbano ejerce una “fuerte presión sobre los centros históricos”. En consecuencia, la principal contribución de este estudio no consiste únicamente en confirmar que algunas áreas de Ouro Preto reciben más visitas que otras, sino en demostrar que la presión turística puede identificarse, delimitarse y analizarse como un problema territorial concreto, comparable con otros contextos históricos, aunque dotado de características propias derivadas de su morfología urbana y de la estructura espacial de la actividad de los visitantes (Park & Kim, 2018).

5 CONCLUSIÓN

En conjunto, los resultados permiten concluir que la presión turística en Ouro Preto no se explica únicamente por el número de visitantes que recibe la ciudad, sino por la manera en que las visitas se concentran y se desplazan dentro del centro histórico. El estudio demuestra con claridad que la mayor intensidad de uso se organiza en torno al eje patrimonial central, donde coinciden los principales nodos de atracción, los corredores de circulación más utilizados y los espacios de mayor sensibilidad patrimonial. Este hallazgo resulta relevante porque sitúa el problema en una escala territorial específica y permite comprender que la sostenibilidad del turismo patrimonial depende, sobre todo, de la forma en que los flujos se distribuyen en el espacio urbano.

A partir de ello, una de las principales contribuciones del artículo consiste en demostrar que la presión turística puede abordarse como una categoría analítica operativa y no únicamente como una noción general asociada con el crecimiento del turismo. La integración de registros geolocalizados, análisis de densidad, agrupamiento espacial y modelización de corredores permitió identificar patrones consistentes de concentración y movilidad, proporcionando una comprensión más precisa del uso turístico de los espacios patrimoniales. En este sentido, el estudio refuerza el valor de los SIG no solo como herramientas de representación cartográfica, sino también como recursos analíticos capaces de revelar relaciones espaciales que con frecuencia permanecen ocultas en las estadísticas agregadas.

Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos sugieren que la gestión turística en Ouro Preto no debe orientarse mediante medidas uniformes para todo el distrito histórico. Por el contrario, los resultados evidencian la necesidad de implementar intervenciones diferenciadas que prioricen las áreas con mayor densidad de visitantes, concentración persistente y elevada carga de circulación. Esto implica avanzar hacia estrategias más selectivas de monitoreo, redistribución de rutas, mantenimiento preventivo y regulación peatonal. De este modo, la contribución del estudio no se limita al diagnóstico espacial del problema, sino que también ofrece una base empírica útil para sustentar decisiones de planificación más precisas y territorialmente fundamentadas.

Al mismo tiempo, es necesario reconocer que el uso de huellas digitales geolocalizadas presenta limitaciones, especialmente en términos de representatividad y cobertura del comportamiento real de los visitantes. No obstante,

estas restricciones no restan valor al enfoque adoptado; por el contrario, ponen de relieve la conveniencia de complementarlo, en futuras investigaciones, con conteos peatonales, registros temporales más detallados y otras fuentes de observación espacial.

En este sentido, el caso de Ouro Preto confirma que el análisis espacial basado en SIG constituye una vía sólida para comprender la presión turística en destinos patrimoniales complejos y, al mismo tiempo, una herramienta prometedora para fortalecer una gestión más preventiva, equilibrada y sensible a las particularidades del territorio histórico.

REFERENCES

- Alvarez, A., & Paniza, J. (2020). Visitor management in World Heritage destinations before and after Covid-19, Angkor. *Sustainability*, 12(23), 1-45. <https://doi.org/10.3390/su12239929>
- Arefieva, V., Egger, R., & YU, J. (2021). A machine learning approach to cluster destination image on Instagram. *Tourism Management*, 85(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104318>
- Beritelli, P., Reinhold, S., & Laesser, C. (2020). Visitor flows, trajectories and corridors: Planning and designing places from the traveler's point of view. *Annals of Tourism Research*, 82(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102936>
- Boers, B., & Cottrell, S. (2007). Sustainable Tourism Infrastructure Planning: A GIS-Supported Approach. *Tourism Geographies*, 9(1), 1-21. <https://doi.org/10.1080/14616680601092824>
- Calle, M., García, M., & Mendoza, S. (2020). Urban Planning Regulations for Tourism in the Context of Overtourism. *Applications in Historic Centres. Sustainability*, 13(1), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su13010070>
- Capocchi, A., Vallone, C., Pierotti, M., & Amaduzzi, A. (2019). Overtourism: A literature review to assess implications and future perspectives. *Sustainability*, 11(12), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su11123303>
- Cheng, M. (2025). Social media and tourism geographies: mapping future research agenda. *Tourism Geographies*, 27(3), 579-588. <https://doi.org/10.1080/14616688.2024.2304782>
- Ciski, M., Rzaşa, K., & Ogryzek, M. (2019). Use of GIS tools in sustainable heritage management—The importance of data generalization in spatial modeling. *Sustainability*, 11(20), 1-21. <https://doi.org/10.3390/su11205616>
- De Luca, G., Shirvani, A., Francini, C., & Liberatore, G. (2020). Sustainable Cultural Heritage Planning and Management of Overtourism in Art Cities: Lessons from Atlas World Heritage. *Sustainability*, 12(9), 1-11. <https://doi.org/10.3390/su12093929>
- Domènech, A., Mohino, I., & Moya, B. (2020). Using Flickr geotagged photos to estimate visitor trajectories in World Heritage cities. *International Journal of Geo-Information*, 9(11), 1-28. <https://doi.org/10.3390/ijgi9110646>
- Falk, M., & Hagsten, E. (2021). Visitor flows to World Heritage Sites in the era of Instagram. *Journal of Sustainable Tourism*, 29(10), 1547-1564. <https://doi.org/10.1080/09669582.2020.1858305>
- Ferreira, E., & Teixeira-da-Silva, R. (2023). Turismo e patrimônio no município de Ouro Preto/MG: desigualdades territoriais e contradições socioespaciais circundantes aos valores histórico-culturais. *Caderno Virtual de Turismo*, 23(1), 1-17. <https://doi.org/10.18472/cvt.23n1.2023.2065>
- Gössling, S. (2017). Tourism, information technologies and sustainability: An exploratory review. *Journal of Sustainable Tourism*, 25(7), 1024-1041. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1122017>
- Gössling, S. (2021). Tourism, technology and ICT: a critical review of affordances and concessions. *Journal of Sustainable Tourism*, 29(5), 733-750. <https://doi.org/10.1080/09669582.2021.1873353>
- Jia, X., Xu, Y., Zhao, B., Li, H., Li, L., & Zhang, J. (2025). Sustainable tourism at nature-based cultural heritage sites: visitor density and its influencing factors. *NPJ heritage science*, 175(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s40494-025-01761-4>
- Jiang, W., Xiong, Z., Su, Q., Long, Y. S., & Sun, P. (2021). Using geotagged social media data to explore sentiment changes in tourist flow: A spatiotemporal analytical framework. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. *International Journal of Geo-Information*, 10(3), 1-19. <https://doi.org/10.3390/ijgi10030135>
- Kalvet, T., Olesk, M., Tiits, M., & Raun, J. (2020). Innovative tools for tourism and cultural tourism impact assessment. *Sustainability*, 12(18), 1-30. <https://doi.org/10.3390/su12187470>

- Kim, H., Joun, H., Choe, Y., & Schroeder, A. (2019). How Can a Destination Better Manage Its Offering to Visitors? Observing Visitor Experiences via Online Reviews. *Sustainability*, 11(17), 1-19. <https://doi.org/10.3390/su11174660>
- Koens, K., Postma, A., & Papp, B. (2018). Is overtourism overused? Understanding the impact of tourism in a city context. *Sustainability*, 10(12), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su10124384>
- Kovalcsik, T., Elekes, Á., Boros, L., Könnyid, L., & Kovács, Z. (2022). Capturing Unobserved Tourists: Challenges and Opportunities of Processing Mobile Positioning Data in Tourism Research. *Sustainability*, 14(21), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su142113826>
- Li, J., Xu, L., Tang, L., Wang, S., & Li, L. (2018). Big data in tourism research: A literature review. *Tourism Management*, 61(1), 301-323. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.03.009>
- Liu, L., Zhang, Y., Ma, Z., & Wang, H. (2023). An analysis on the spatiotemporal behavior of inbound tourists in Jiaodong Peninsula based on Flickr geotagged photos. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 120(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103349>
- Maeda, T., Yoshida, M., Toriumi, F., & Ohashi, H. (2018). Extraction of Tourist Destinations and Comparative Analysis of Preferences Between Foreign Tourists and Domestic Tourists on the Basis of Geotagged Social Media Data. *International Journal of Geo-Information*, 7(3), 1-19. <https://doi.org/10.3390/ijgi7030099>
- Martí, P., Serrano, L., & Nolasco, A. (2019). Social Media data: Challenges, opportunities and limitations in urban studies. *Computers, Environment and Urban Systems*, 74(1), 161-174. <https://doi.org/10.1016/j.compen-vurbsys.2018.11.001>
- Nolasco, A., García, C., Lupu, C., & Bernabeu, Á. (2022). Scoping out urban areas of tourist interest through geolocated social media data: Bucharest as a case study. *Information Technology & Tourism*, 24(3), 361-387. <https://doi.org/10.1007/s40558-022-00235-8>
- Orozco, P., Viñals, M., Escudero, P., & Rolim, R. (2023). Geospatial Tools for Determining Visitor Carrying Capacity in Tourist Streets and Public Spaces of Historic Centres. *Heritage*, 6(11), 7100-7114. <https://doi.org/10.3390/heritage6110370>
- Park, E., & Kim, S. (2018). Are we doing enough for visual research in tourism? The past, present, and future of tourism studies using photographic images. *International Journal of Tourism Research*, 20(1), 433-441. <https://doi.org/10.1002/jtr.2194>
- Pasquinelli, C., & Trunfio, M. (2020). Reframing urban overtourism through the Smart-City Lens. *Cities*, 102(1). <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102729>
- Reinhold, S., Laesser, C., & Beritelli, P. (2020). Flow-based destination management and marketing: a perspective article. *Tourism Review*, 75(1), 174-178. <https://doi.org/10.1108/TR-05-2019-0193>
- Rogowski, M., Zawilińska, B., & Hibner, J. (2025). Managing tourism pressure: Exploring tourist traffic patterns and seasonality in mountain national parks to alleviate overtourism effects. *Journal of Environmental Management*, 373(123430), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123430>
- Ruiz, M., Ramos, V., & Alorda, B. (2023). Integrating high-frequency data in a GIS environment for pedestrian congestion monitoring. *Information Processing & Management*, 60(2), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2022.103236>
- Shen, C. (2025). Social media marketing and digital influence for visitor flow management in sustainable heritage tourism. *Scientific Reports*, 15(45767), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-28555-9>
- Teixeira, P., & Ahlert, S. (2012). El uso de geotecnica en el análisis de los impactos ambientales no Salto Ventoso. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Turismo*, 5(3), 309-324. <https://doi.org/10.7784/rbtur.v5i3.454>
- UNESCO. (2021). Historic Town of Ouro Preto. <https://whc.unesco.org/en/list/124/>
- Viñals, M., Orozco, P., Teruel, P., & Gandía, J. (2024). Real-Time Monitoring of Visitor Carrying Capacity in Crowded Historic Streets Through Digital Technologies. *Urban Science*, 8(4), 1-17. <https://doi.org/10.3390/urban-sci8040190>
- Žemla, M. (2024). European historic cities and overtourism – conflicts and development paths in the light of systematic literature review. *International Journal of Tourism Cities*, 10(1), 353-372. <https://doi.org/10.1108/IJTC-07-2023-0140>
- Zhang, K., Chen, Y., & Li, C. (2019). Discovering the tourists' behaviors and perceptions in a tourism destination by analyzing photos' visual content with a computer deep learning model: The case of Beijing. *Tourism Management*, 75(1), 595-608. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.07.002>

Zubiaga, M., Izkara, J., Gandini, A., Alonso, I., & Saralegui, U. (2019). Towards Smarter Management of Overtourism in Historic Centres Through Visitor-Flow Monitoring. *Sustainability*, 11(24), 1-23. <https://doi.org/10.3390/su11247254>

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos deben solicitarse al autor a través del correo electrónico resalas1@espe.edu.ec

Información de las Autores

Rodrigo Esteban Salas Vaca

Posee un máster en Ecoturismo y Gestión de Áreas Protegidas. Es docente universitario, investigador y consultor turístico, especializado en gestión de destinos, marketing turístico, turismo de naturaleza, turismo cultural y turismo de montaña. Actualmente, forma parte del cuerpo docente del Programa de Turismo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Ecuador), donde imparte asignaturas tanto en grado como en posgrado. Asimismo, ejerce como consultor en planificación turística, promoción y desarrollo de destinos. Con más de 28 años de experiencia profesional en los sectores público, privado, académico y no gubernamental, ha participado en numerosos proyectos relacionados con la planificación territorial, el desarrollo de productos turísticos, el fortalecimiento de destinos y la promoción turística internacional. Ha sido invitado como ponente principal en eventos académicos y profesionales en América, Europa y África, y ha actuado como editor de publicaciones especializadas en turismo, entre ellas **La Gran Guía Andes**, conocida actualmente como **Andes EC**. Su labor integra la investigación aplicada, una amplia experiencia de campo —tanto a nivel nacional como internacional— y la colaboración con instituciones públicas y privadas para fomentar el desarrollo sostenible, la competitividad de los destinos y la innovación en la gestión turística. Su perfil profesional se ve reforzado por el dominio de seis idiomas, lo que le permite acceder, analizar y sintetizar información proveniente de una gran variedad de fuentes científicas y profesionales a escala internacional.

Contribuciones: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, obtención de financiación, investigación, metodología, administración del proyecto, recursos, software, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original, y revisión y edición.

E-mail: resalas1@espe.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7275-1035>

Diana Gabriela Carpio Álvarez

Es una profesional del turismo, docente universitaria, investigadora y consultora con experiencia en marketing turístico, promoción de destinos, planificación estratégica y desarrollo turístico. Actualmente, forma parte del cuerpo docente del Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y Comerciales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, y ha trabajado en iniciativas de competitividad y desarrollo turístico dentro del sector público. Su trayectoria profesional abarca proyectos de consultoría centrados en la planificación turística y el desarrollo de destinos, así como experiencia en el sector privado. Posee una maestría en Economía y Gestión del Turismo por la Universidad de Buenos Aires y una maestría en TIC con especialización en Transformación Digital e Innovación, además de su título de grado en Administración Turística y Hotelera. Sus intereses de investigación incluyen el turismo sostenible y regenerativo, la competitividad de los destinos, la innovación turística, la transformación digital en el turismo, la planificación estratégica turística y la gestión de destinos. Ha contribuido a publicaciones científicas que abordan la resiliencia turística, el turismo de naturaleza y paisaje, la transformación digital y el desarrollo turístico sostenible.

Contribuciones: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, recursos, supervisión, validación, redacción (revisión y edición).

E-mail: dgcarpio@espe.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4384-2489>

Jairo Andrés Terán Andrade

Posee una licenciatura en Administración Turística y una maestría en Turismo Sostenible. Cuenta con formación adicional en andragogía y, actualmente, se desempeña como docente a tiempo completo en el Programa de Turismo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (Ecuador). Su experiencia profesional abarca tanto el sector público como el privado, con especialización en servicios turísticos —incluyendo agencias de viajes, gestión de eventos y guianza turística—, así como en el diseño e implementación de proyectos de desarrollo social y cultural. Sus intereses académicos y profesionales se centran en el turismo sostenible, la seguridad turística, la gestión de destinos y el desarrollo territorial. Ha contribuido a iniciativas relacionadas con políticas de seguridad turística, planificación territorial sostenible y desarrollo comunitario. A lo largo de su trayectoria académica, ha colaborado con diversas instituciones de educación superior, participando activamente en grupos de investigación, programas de vinculación con la comunidad y procesos de acreditación internacional. Su labor integra la docencia, la investigación aplicada y la transferencia de conocimiento, contribuyendo al avance de las prácticas de turismo sostenible, al fortalecimiento de la formación turística y a la competitividad de los destinos.

Contribuciones: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, recursos, redacción (revisión y edición).

E-mail: jateran11@espe.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7679-973X>

Pablo Xavier Andrade Montalvo

Posee un título de grado en Ingeniería Eléctrica por la Escuela Politécnica Nacional (Ecuador), un máster en Gestión de Proyectos por la EAE Business School (España) y un diploma en Análisis de Datos y Aprendizaje Automático (Machine Learning) por el Red River College (Canadá). Su trayectoria profesional combina experiencia en ingeniería eléctrica, gestión de proyectos, innovación tecnológica y educación superior. Ha liderado proyectos de infraestructura eléctrica residencial e industrial, diseñado sistemas eléctricos para instituciones públicas y actuado como perito judicial en casos relacionados con la ingeniería. Su experiencia internacional incluye el trabajo como analista de investigación en Canadá, así como su desempeño como docente universitario y coordinador de educación en línea en la Universidad Internacional del Ecuador. Sus intereses académicos y profesionales abarcan la gestión de proyectos, la transformación digital, el análisis de datos, el aprendizaje automático, la innovación en ingeniería y la educación apoyada por la tecnología. A lo largo de su carrera, ha demostrado un firme compromiso con la excelencia técnica, la optimización de recursos, la colaboración interdisciplinaria y la aplicación de tecnologías emergentes en entornos de ingeniería y educativos.

Contribuciones: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, recursos, software, redacción (revisión y edición).

E-mail: pxandrademo@uide.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9081-0610>