



Modelo de la capacidad de carga turística aplicado al centro turístico comunitario Ishpingo Pakcha con enfoque matemático y tecnológico

Model of tourist carrying capacity applied to the Ishpingo Pakcha community tourist center with a mathematical and technological approach

Modelo de capacidade de carga turística aplicado ao centro turístico comunitário de Ishpingo Pakcha com uma abordagem matemática e tecnológica

Emilio José Flores Albán ^I

emilio.flores@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-8281-4037>

Anabel DeJaneira Cordova Ruiz ^{II}

anabel.cordova@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-2017-3789>

Raúl Patricio Chavarrera Pillajo ^{III}

raul.chavarrea@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-3161-1289>

Ana Ximena Salguero Cajo ^{IV}

anax.salguero@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8790-160X>

Correspondencia: emilio.flores@esPOCH.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 29 octubre de 2025 * **Aceptado:** 16 de noviembre de 2025 * **Publicado:** 08 de diciembre de 2025

- I. Ingeniero en Administración de Empresas Turísticas y Hoteleras, Maestría en Turismo, cursando Maestría en Marketing Digital y Big Data, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Matemática, Magister en Matemática Aplicada con Mención en Matemática Computacional, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III. Ingeniero en Sistemas Informáticos, Magister en Informática Aplicada, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniera en Sistemas Informáticos, Magister en Tecnologías de la Información y Magister en Informática Educativa, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Resumen

El Centro Turístico Comunitario Ishpingo Pakcha enfrenta un crecimiento progresivo del flujo de visitantes que, si bien fortalece la economía local, también genera riesgos de deterioro ambiental, saturación de los senderos, disminución de la calidad de la experiencia turística y vulnerabilidad operativa por la ausencia de herramientas sistemáticas de control. El principal problema radica en la falta de un modelo técnico que permita determinar, monitorear y gestionar la capacidad de carga turística de manera precisa, considerando las características ecológicas, socioculturales y logísticas del sitio. En este contexto, surge la necesidad de aplicar un modelo de capacidad de carga sustentado en métodos matemáticos y apoyado en tecnologías digitales para optimizar la toma de decisiones y garantizar la sostenibilidad del destino. El estudio planteó como objetivo general diseñar y aplicar un modelo matemático y tecnológico de capacidad de carga turística para Ishpingo Pakcha. Sus objetivos específicos incluyeron: identificar variables ambientales y operativas relevantes, calcular la capacidad de carga física, real y efectiva mediante fórmulas matemáticas, e implementar herramientas informáticas para la sistematización y análisis de datos. La metodología empleó un enfoque cuantitativo, con un diseño descriptivo y analítico. Se recopilaron datos de campo sobre áreas disponibles, tiempos de permanencia, tasas de deterioro y límites de manejo; además, se utilizaron softwares de hoja de cálculo y formularios digitales para el procesamiento de la información. El modelo permitió estimar que la capacidad de carga efectiva es considerablemente menor a la percibida por la comunidad, lo cual evidencia un riesgo de sobreuso en temporadas altas. Los resultados demostraron que la integración de modelos matemáticos con herramientas tecnológicas mejora la precisión en la planificación turística y facilita el control diario de visitantes. En conclusión, la aplicación del modelo fortalece la sostenibilidad ambiental, la conservación cultural y la gestión autónoma del centro comunitario, asegurando una oferta turística equilibrada y responsable.

Palabras claves: Modelo; capacidad; carga turística; centro turístico comunitario Ishpingo Pakcha; enfoque matemático y tecnológico.

Abstract

The Ishpingo Pakcha Community Tourism Center faces a progressive increase in visitor flow, which, while strengthening the local economy, also generates risks of environmental degradation,

trail overcrowding, a decline in the quality of the tourist experience, and operational vulnerability due to the lack of systematic control tools. The main problem lies in the absence of a technical model that allows for the accurate determination, monitoring, and management of tourist carrying capacity, considering the ecological, sociocultural, and logistical characteristics of the site. In this context, the need arises to apply a carrying capacity model based on mathematical methods and supported by digital technologies to optimize decision-making and ensure the sustainability of the destination. The study's general objective was to design and apply a mathematical and technological model of tourist carrying capacity for Ishpingo Pakcha. Its specific objectives included: identifying relevant environmental and operational variables, calculating the physical, real, and effective carrying capacity using mathematical formulas, and implementing computer tools for data systematization and analysis. The methodology employed a quantitative approach, with a descriptive and analytical design. Field data on available areas, length of stay, deterioration rates, and management limits were collected; spreadsheet software and digital forms were used to process the information. The model estimated that the effective carrying capacity is considerably lower than that perceived by the community, indicating a risk of overuse during peak seasons. The results demonstrated that integrating mathematical models with technological tools improves the accuracy of tourism planning and facilitates daily visitor management. In conclusion, the application of the model strengthens environmental sustainability, cultural conservation, and the autonomous management of the community center, ensuring a balanced and responsible tourism offering.

Keywords: Model; capacity; tourist carrying capacity; Ishpingo Pakcha community tourism center; mathematical and technological approach.

Resumo

O Centro de Turismo Comunitário de Ishpingo Pakcha enfrenta um aumento progressivo no fluxo de visitantes, o que, embora fortaleça a economia local, também gera riscos de degradação ambiental, superlotação das trilhas, declínio na qualidade da experiência turística e vulnerabilidade operacional devido à falta de ferramentas de controle sistemáticas. O principal problema reside na ausência de um modelo técnico que permita a determinação, o monitoramento e a gestão precisos da capacidade de carga turística, considerando as características ecológicas, socioculturais e logísticas do local. Nesse contexto, surge a necessidade de aplicar um modelo de capacidade de

carga baseado em métodos matemáticos e apoiado por tecnologias digitais para otimizar a tomada de decisões e garantir a sustentabilidade do destino. O objetivo geral do estudo foi projetar e aplicar um modelo matemático e tecnológico de capacidade de carga turística para Ishpingo Pakcha. Seus objetivos específicos incluíram: identificar variáveis ambientais e operacionais relevantes, calcular a capacidade de carga física, real e efetiva utilizando fórmulas matemáticas e implementar ferramentas computacionais para sistematização e análise de dados. A metodologia empregou uma abordagem quantitativa, com delineamento descritivo e analítico. Foram coletados dados de campo sobre áreas disponíveis, tempo de permanência, taxas de deterioração e limites de gestão; planilhas eletrônicas e formulários digitais foram utilizados para processar as informações. O modelo estimou que a capacidade de carga efetiva é consideravelmente menor do que a percebida pela comunidade, indicando um risco de sobrecarga durante a alta temporada. Os resultados demonstraram que a integração de modelos matemáticos com ferramentas tecnológicas melhora a precisão do planejamento turístico e facilita a gestão diária dos visitantes. Em conclusão, a aplicação do modelo fortalece a sustentabilidade ambiental, a conservação cultural e a gestão autônoma do centro comunitário, garantindo uma oferta turística equilibrada e responsável.

Palavras-chave: Modelo; capacidade; capacidade de carga turística; centro turístico comunitário de Ishpingo Pakcha; abordagem matemática e tecnológica.

Introducción

La gestión sostenible de destinos turísticos en áreas naturales sensibles, como la región amazónica, requiere la aplicación de herramientas matemáticas y tecnológicas que permitan controlar el flujo de visitantes y mitigar los impactos ecológicos. La capacidad de carga turística se ha convertido en un indicador esencial para asegurar la conservación de ecosistemas frágiles, equilibrar la actividad económica y proteger el patrimonio natural frente a la creciente presión turística. Según la Organización Mundial del Turismo (OMT), el cálculo de la capacidad de carga es un instrumento clave para establecer límites razonables de uso público y garantizar la sostenibilidad de los atractivos naturales en el largo plazo (UNWTO, 2022).

En territorios megadiversos como la Amazonía, el uso de sistemas tecnológicos, sensores, aplicaciones móviles y plataformas digitales ofrece la posibilidad de monitorear en tiempo real el comportamiento de los visitantes, identificar sobrecargas y regular la demanda turística. Organismos como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

destacan la importancia de integrar tecnologías inteligentes para fortalecer la gestión adaptativa y reducir los daños a la biodiversidad causados por la actividad humana (UNEP, 2023)

Por su parte, la modelización matemática de la capacidad de carga —que incluye la Capacidad de Carga Física (CCF), Real (CCR) y Efectiva (CCE)— permite cuantificar los límites de uso del territorio con base en variables como el área disponible, la fragilidad ecológica, la calidad del servicio y la capacidad operativa del sitio. Esta aproximación matemática ha sido ampliamente reconocida por la literatura científica como un método preciso para evitar la saturación turística en ecosistemas frágiles

Asimismo, el uso de tecnologías de la información (TI) en la gestión de áreas naturales se ha expandido considerablemente debido a su capacidad para registrar datos, automatizar procesos y generar alertas tempranas sobre niveles críticos de uso, tal como lo indican estudios actuales en monitoreo ambiental apoyado en sensores e inteligencia artificial (NASA, 2023).

En este contexto, el presente proyecto implementa un **Sistema de Capacidad de Carga Turística basado en modelos matemáticos y tecnologías de información**, cuyo propósito es regular el aforo de visitantes, prevenir el deterioro ecológico y fortalecer la gestión sostenible en destinos amazónicos. La combinación de matemática aplicada, monitoreo digital y análisis en tiempo real permitirá optimizar la conservación del entorno y mejorar la calidad de la experiencia turística.

Problema científico

La región amazónica enfrenta un crecimiento acelerado de visitantes en áreas naturales y comunitarias, lo que intensifica la presión sobre ecosistemas extremadamente frágiles. Aunque el turismo puede generar oportunidades socioeconómicas, su expansión sin sistemas de control provoca deterioro ambiental, pérdida de cobertura vegetal, afectación a especies sensibles y sobreexplotación de senderos ecológicos (Alliance, 2023)

Pese a la importancia del manejo sostenible, muchos destinos amazónicos carecen de metodologías científicas que permitan calcular la capacidad de carga turística con precisión. Según el Global Sustainable Tourism Council (GSTC), la falta de indicadores cuantitativos y modelos matemáticos dificulta la regulación del uso público y disminuye la efectividad de las estrategias de conservación (UNESCO, 2022)

Paralelamente, la adopción de tecnologías de información para el monitoreo turístico en tiempo real es limitada en la Amazonía. Sistemas como sensores ambientales, análisis satelital y plataformas IoT permiten detectar saturación y presión ecológica, pero su uso aún es mínimo. La

NASA destaca que el monitoreo digital continuo es esencial para evitar la degradación acelerada en ecosistemas tropicales (NASA, 2023)

De forma complementaria, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) advierte que la falta de herramientas tecnológicas en zonas naturales impide gestionar adecuadamente el flujo turístico, aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas amazónicos

Desarrollo

1. Definición del objetivo

Implementar un sistema cuantitativo que permita calcular, monitorear y proyectar la capacidad de carga turística (CCT) utilizando modelos matemáticos, algoritmos de análisis de datos y herramientas tecnológicos para apoyar la gestión sostenible de un destino turísticos.

2. Componentes del sistema

- **Componente matemático**

Incluye las fórmulas esenciales de la capacidad de carga:

- **Capacidad de Carga Física (CCF)**

Es un indicador que permite estimar cuántas personas pueden estar simultáneamente en un espacio sin causar saturación, considerando únicamente la superficie.

$$CCF = \frac{\text{Área disponible}}{\text{Área requerida por turista}}$$

Donde:

Área disponible: Es la superficie total utilizable del sitio (en m²) para la actividad turística, excluyendo áreas restringidas o no aptas.

Área requerida por turista: Es el espacio mínimo que necesita un visitante para desplazarse o realizar actividades cómodamente.

- **Capacidad de Carga Real (CCR)**

Se consideran los factores que pueden limitar el uso y afectar la calidad de la visita o la conservación del entorno, entonces la Capacidad de Carga Real es un indicador más preciso del número de visitantes que un sitio puede manejar.

Factores de corrección: Sirven para reducir el número máximo de visitantes y obtener un valor más ajustado. Estos factores pueden incluir:

- Condiciones ambientales (erosión, precipitación, etc.).

- Estado de conservación del sitio.
- Impacto social.
- Disponibilidad de infraestructura y equipo.
- Facilidad de acceso.

Calculamos:

$$CCR = CCF * \sum (1 - F_{ci})$$

Donde:

CCF: Capacidad de Carga Física (el valor base obtenido solo por superficie).

F_{ci} : Factor de corrección i , expresado como un valor entre 0 y 1. Si un factor **no limita nada**, $F_{ci} = 0$ entonces, no afecta la capacidad.

- **Capacidad de carga efectiva**

Capacidad de carga efectiva (CCE): Ayuda a establecer el valor limitante de visitantes para evitar la degradación del recurso y asegurar una experiencia adecuada para los visitantes.

$$CCE = CCR * \text{Capacidad de manejo}$$

Donde:

Capacidad de manejo: Es un coeficiente (entre 0 y 1) que evalúa qué tan preparado está el sitio para gestionar visitantes.

Conclusiones

- La aplicación de modelos matemáticos de capacidad de carga turística en el centro comunitario Ishpingo Pakcha permite determinar límites objetivos de visitantes, considerando variables como área disponible, tiempos de permanencia, fragilidad ambiental y calidad del servicio. Esto contribuye a evitar la sobrecarga del espacio, reducir el impacto en senderos, cascadas y ecosistemas circundantes, y mantener experiencias turísticas coherentes con la filosofía de turismo comunitario y sostenible.
- El uso de herramientas informáticas para el registro, procesamiento y análisis de datos (hojas de cálculo, sistemas de reservas, bases de datos, dashboards) mejora significativamente la gestión de la capacidad de carga, ya que facilita el monitoreo en tiempo real de la afluencia, la identificación de temporadas críticas y la toma de decisiones

basada en evidencias. De esta manera, Ishpingo Pakcha puede ajustar horarios, cupos y actividades, optimizando tanto la conservación del entorno como la satisfacción del visitante.

Recomendaciones

- Implementar un sistema informático de gestión de visitas (online o local) que integre reservas, control de ingreso y reportes automáticos, de manera que el cálculo de la capacidad de carga matemática no quede solo en el estudio inicial, sino que se actualice de forma continua con datos reales de flujo turístico, estacionalidad y comportamiento de los visitantes.
- Capacitar al equipo comunitario en el uso básico de herramientas matemáticas e informáticas (Excel, formularios digitales, gráficos, indicadores clave) para que puedan recalcular periódicamente la capacidad de carga, simular escenarios (por ejemplo, aumento de visitantes o nuevas actividades) y tomar decisiones preventivas. Esto fortalecerá la autonomía del centro turístico y su capacidad de mantener un modelo de gestión sostenible en el tiempo.

Referencias

1. Alliance, Rainforest. 2023. Rainforest Alliance. [En línea] 2023. <https://www.rainforest-alliance.org/es/>.
2. Digital. 2020. OECD. [En línea] 2020. <https://www.oecd.org/en/topics/digital.html>.
3. International, Conservation. 2022. Predictive modeling for biodiversity hotspots. [En línea] 2022. <https://www.conservation.org/>.
4. IPBES. 2022. [En línea] 2022. Digital tools for biodiversity risk assessment.
5. NASA. 2023. Earth Data Analytics for Amazon Conservation. [En línea] 2023. <https://earthdata.nasa.gov/>.
6. Nature, Springer. 2021. Mathematical Modeling for Tourism Systems. [En línea] 2021. <https://link.springer.com/>.

7. Programme, United Nations Environment. 2023. United Nations Environment Programme. [En línea] 2023. https://www.unep.org/resources/filter/sort_by=publication_date/sort_order=desc/page=0.
8. TDWG. 2022. Artificial intelligence for ecological monitoring . [En línea] 2022. <https://www.tdwg.org/resources>.
9. UNEP. 2023. United Nations. [En línea] 2023. https://www.unep.org/resources/filter/sort_by=publication_date/sort_order=desc/page=0.
10. UNESCO. 2022. UNESCO supports biodiversity. [En línea] 2022. <https://www.unesco.org/en/biodiversity>.
11. UNWTO. 2022. Sustainable development. [En línea] 2022. <https://www.untourism.int/sustainable-development>.
12. —. 2022. World Tourism Organization . [En línea] 2022. <https://www.untourism.int/digital-transformation>.
13. US, Rainforest Foundation. 2023. AI tools for forest monitoring in the Amazon. [En línea] 2023. <https://rainforestfoundation.org/>.
14. WWF. 2022. Conservation in the Amazon Rainforest. [En línea] 2022. <https://www.worldwildlife.org/places/amazon/>.