



Yura: Relaciones internacionales

Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio

Revista electrónica ISSN: 1390-938x

Nº: 45 Enero – Marzo 2026

Análisis del turismo en el Parque Nacional Cotopaxi, una aproximación con datos geolocalizados de la red social Flickr pp. 1 - 24

Pérez Rodríguez German Patricio

Universidad Central del Ecuador

Quito, Ecuador

Av. América 170129

www.uce.edu.ec

Análisis del turismo en el Parque Nacional Cotopaxi, una aproximación con datos geolocalizados de la red social Flickr y Wikiloc

*Pérez Rodríguez Germán Patricio
Universidad Central del Ecuador*

gpperez@uce.edu.ec

Resumen

1

La situación actual del Parque Nacional de Cotopaxi (PNC), sometido cada vez más a la presión de la actividad turística, requiere de un análisis detenido para poder establecer un equilibrio entre la conservación y el disfrute de esta área de gran valor y relevancia. Identificada esta problemática asociada a las características del lugar y a la diversidad de actividades que en él se desarrollan se diseña esta investigación orientada a analizar información procedente de diferentes fuentes de datos, entre las que destacan las procedentes de redes sociales. Este enfoque metodológico y el interés del caso de estudio conceden rasgos innovadores y supone un avance en el conocimiento de los espacios naturales en ámbitos de montaña ecuatorial, en particular, pero también del conjunto de espacios naturales protegidos. En el presente estudio se analiza el comportamiento de los visitantes en el PNC desde la perspectiva espacial, tomando como fuentes de información, los datos masivos provenientes de las redes sociales Flickr y Wikiloc. De igual forma, los datos masivos configurados como objetos espaciales de puntos y líneas posibilitaron cuantificar las áreas de impacto a través de la utilización de las técnicas de análisis geoestadístico.

Palabras clave

Datos georreferenciados, huella digital, presión turística, análisis geoestadístico

Abstract

The current situation of the Cotopaxi National Park (PNC), which is increasingly subjected to the pressure of tourist activity, requires a careful analysis in order to establish a balance between the conservation and the enjoyment of this area of great value and relevance. Having identified this problem, which is associated with the characteristics of the site and the diversity of activities carried out there, this research is designed to analyze information from various data sources, among which those from social media stand out. This methodological approach and the interest of the case study grant innovative features and represent an advance in the knowledge of natural spaces in equatorial mountain environments, in particular, but also of the set of protected natural spaces as a whole. In the present study, the behavior of visitors in the PNC is analyzed from a spatial perspective, using as sources of information, the big data derived from the social networks Flickr and Wikiloc. Likewise, the big data, configured as spatial objects of points and lines, made it possible to quantify the areas of impact through the use of geostatistical analysis techniques.

keywords

Georeferenced data, Digital footprint, Tourism pressure, Geostatistical analysis

Introducción

Las actividades de turismo en los parques nacionales generan presión en sus ecosistemas; por lo que es necesario encontrar un equilibrio entre la conservación y el desarrollo de la actividad turística. Los estudios sobre el uso del espacio en estas áreas constituyen un componente importante para los procesos de gestión y planificación de las áreas protegidas, conformando una base de información que dan soporte a la figura administrativa de parques nacionales. Son varias las metodologías y técnicas utilizadas para recabar información sobre las actividades de turismo que realizan los usuarios de los parques nacionales, que van desde el uso de encuestas, entrevistas y fuentes oficiales, todas ellas sin duda, han proporcionado valiosa información que se ha traducido en datos para su respectivo análisis. No obstante, en el nuevo milenio, caracterizado por el gran despliegue tecnológico, y con ello, el desarrollo de las tecnologías de información, han surgido fuentes alternativas de información en el marco del desarrollo del big data, que, por su gran volumen de información, van posicionándose en el ámbito de la investigación en todas las áreas del conocimiento. En ese contexto, la presente investigación utiliza los datos masivos como fuente de información como una aproximación al estudio de las actividades turísticas en el PNC.

Materiales y Métodos

Para el desarrollo metodológico se planteó como objetivo el utilizar la información que proveen las redes sociales de Flickr y Wikiloc, como fuentes complementarias, a fin de identificar las actividades relacionadas con el turismo de naturaleza en lo que respecta a la oferta disponible de recursos naturales y turísticos, el uso real del espacio en el interior del PNC, considerando que las actividades turísticas giran en torno a la belleza escénica del parque, con su principal atracción, el volcán Cotopaxi. Existe, sin embargo, una conexión con otras actividades de turismo y recreación en zonas que, por su topografía, facilitan el desarrollo de actividades que son aprovechadas por los usuarios, y que no todas favorecen a la conservación del frágil ecosistema del parque.

La plataforma Flickr es un repositorio fotográfico disponible en la web que permite almacenar, ordenar y buscar fotografías y videos (Flores, Morán y Rodríguez, 2009). Entre sus utilidades está la de permitir administrar las imágenes a través de la aplicación de herramientas, de tal forma que se pueden subir imágenes en su tamaño original, etiquetar, explorar y comentar de manera gratuita las fotografías que han sido tomadas por los internautas. Su capacidad de

almacenamiento permite utilizar un espacio de un terabyte (flickr, s.f.). Es así como, a través de esta red social se puede compartir fotografías. No obstante, su posicionamiento en el uso de las plataformas fue decayendo por cuanto la red se diseñó para ser utilizada para dar un servicio de almacenamiento de fotografías en los computadores portátiles, mientras que otras redes como Instagram focalizó sus servicios a través del uso de los smartphones.

En ese contexto, para el caso de estudio del PNC, se descargó una base de datos de la plataforma Flickr, compuesta por 2.547 objetos geográficos de tipo puntos en formato JSON, distribuidos en el PNC y las áreas circundantes al parque. Las características de estos archivos permiten trabajar con datos estructurados de forma simple y de fácil lectura para los sistemas informáticos y los usuarios, a la vez que la estructura compatible con la mayoría de los lenguajes de programación del archivo JSON, facilita la recuperación y generación de información. Una vez delimitado el área del parque, se obtuvo una base final de 1.629 fotografías geolocalizadas dentro de los límites del parque. Del mismo modo, luego de transformar el archivo a formato .shp y depurar la información, se contabilizaron 68 campos de información relacionada con el usuario, como la localización, el número de fotografías tomadas, la fecha que subió la fotografía, el nombre del usuario, temporalidad de las fotografías, nacionalidad, entre otros. Como resultado, se obtuvo una base de datos georreferenciada que abarca el período 2012 al 2018.

Por su parte, la red social Wikiloc es una aplicación web que permite almacenar, compartir y descargar rutas y puntos de interés en cualquier parte del mundo. Fue desarrollada por el español Jordi Ramot en el año 2006, como una iniciativa particular cuyo propósito era el de registrar actividades de aquellos usuarios que practican deportes al aire libre como el montañismo, senderismo, ciclismo de montaña, 4x4, entre otras (Wikiloc, s.f.). Se caracteriza por compartir información de rutas y puntos de todo tipo creados con dispositivos GPS, donde los datos se encuentran integrados entre los usuarios a través de la plataforma de Google Maps.

Para el caso de estudio, la información recuperada de la plataforma Wikiloc se presenta como objetos geográficos de tipo líneas, que a su vez representan las rutas trazadas por los usuarios de la red social. El total de líneas registradas en la zona delimitada para el PNC es de 552, desde el año 2012 hasta el año 2018. La información geográfica obtenida, se logró una vez realizada la depuración respectiva de la plataforma, con información distribuida en 21 campos, que incluyen la identificación del usuario, nombre de la ruta, tiempo de duración de la ruta, grado de dificultad, tipo de actividad, temporalidad de las rutas, descripción de la ruta, entre otros.

Técnicas de análisis espacial empleadas con los datos geolocalizados de redes sociales

Para detallar las técnicas de análisis espacial utilizadas en las tesis es importante destacar en primer lugar la importancia de los sistemas de información geográfica (SIG) en el análisis de la información obtenida de redes sociales. Aunque el uso de los SIG en la época actual se ha extendido ampliamente en varias disciplinas y especializaciones, en el caso específico del turismo, la estructura de un SIG con capacidad de análisis geoestadístico facilita el análisis de datos georreferenciados sobre las actividades de turismo en un espacio geográfico.

Para ello, se utilizó el análisis exploratorio de datos para realizar las primeras aproximaciones al estudio de la información espacial en el área del PNC, el cual se potencia con la integración de las representaciones cartográficas digitales y los datos asociados a los SIG. Se aplicó también el análisis estadístico clásico al obtener estadísticas de concentración y dispersión de los objetos espaciales obtenidos en la zona de estudio. De igual forma, en una aproximación al análisis geoestadístico, se utilizó el análisis de densidad Kernel y técnicas de autocorrelación espacial como el Índice de Moran Global y Local.

Análisis de densidad de Kernel

Dentro del análisis geoestadístico, se utilizó la herramienta conocida como “Análisis de densidad Kernel”; método no paramétrico que permite identificar las variaciones de densidad de las entidades geográficas (puntos o líneas) en un área específica, y determina además el comportamiento de los datos como agregados (Cuartas, Arango, Guzmán, Muñoz, Caicedo y Méndez, 2023). Una de las características de la técnica Kernel son las estimaciones que se obtienen producto de la ponderación de los eventos en el entorno de la celda en función de su distancia, de tal manera que los eventos cercanos reciben una mayor ponderación que aquellos más distantes (Tran, Wehrens y Buydens, 2006). La técnica de densidades Kernel permitió visualizar la concentración de las actividades de turismo en las diferentes áreas específicas del PNC, identificando así los espacios de mayor o menor actividad turística.

En concreto, en el caso de estudio se utilizó la técnica Kernel para estimar la densidad de las rutas de la red social Wikiloc, se realizaron simulaciones con diferentes rangos de

distancia, de 200 a 600 metros, obteniendo mejores resultados con el radio de búsqueda de 600 metros. En este caso, se generó una capa ráster de salida en la que se representó la densidad de las entidades lineales (rutas) conocida también como mapa de calor, seleccionando las rutas que se concentran en un radio de 600 metros. De ese modo, se establecieron las densidades focales en tres zonas de mayor rotación de visitantes, así como los pisos climáticos sometidos a mayor presión por la afluencia de visitantes.

Esta técnica fue empleada también para el análisis de las fotografías de Flickr para calcular mapas de densidades de fotografías y, por tanto, de la presencia de visitantes a partir de esta segunda red social. La estimación de densidad Kernel se define de la siguiente manera:

$$\hat{f}_h(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

Donde:

$\hat{f}_h(x)$: La función de densidad estimada en el punto x

K: función de densidad de Kernel, una función no negativa y simétrica

n: número de eventos (puntos o líneas) dentro del área de búsqueda h: radio de distancia o tamaño de la ventana

x: Centroides de la celda en el cual se trata de estimar la densidad xi: valor de la variable en el caso de $i=1, \dots, n$,

Índice de Moran

El índice de Moran es una técnica de análisis geoestadístico que permite comprender la variación de los valores que toma una variable en un marco geográfico de análisis. El índice de Moran (I de Moran) se apoya en el análisis de la autocorrelación espacial (AE), que determina la existencia de una correlación de la variable consigo misma, de tal modo que los valores de esta variable en un punto guardan relación directa con los de esa misma variable en los entornos cercanos al mismo (Olaya, 2020).

La definición de AE tiene su fundamento en la primera ley de geografía planteada por Waldo Tobler (1970), la cual señala que en el espacio geográfico todo está relacionado con todo lo demás, pero las cosas cercanas están más relacionadas entre sí. Las implicaciones de esta premisa son relevantes, de no ser cierto, algunas estimaciones como la interpolación espacial serían imposibles de realizar. Como señala Juan Celemín (2009) para los estudiosos de la geografía es imposible imaginar un mundo sin AE; no existirían las regiones dado que la variación de todo tipo de fenómenos tendría que ocurrir independientemente de la ubicación.

Una de las características del Índice de Moran es la capacidad de comprender tanto las variaciones globales como las locales de un fenómeno. El I de Moran global evalúa la intensidad de autocorrelación entre grupos de unidades territoriales, considerando todas las unidades como un solo bloque, pero no identifica un patrón de esas relaciones espaciales (Siabato y Guzmán, 2019), lo que se vuelve un limitante ya que no permite identificar las particularidades del fenómeno de estudio en un espacio geográfico. Por el contrario, el I de Moran local establece el grado de correlación entre unidades específicas o subzonas, identificando, por un lado, la formación de clústeres espaciales que poseen valores similares y, por otro lado, los valores atípicos espaciales. Es así como, calcula a través de una puntuación Z, un valor P y el estadístico de Moran Local entre +1 y -1, el tipo de clúster para cada entidad: alto-alto, bajo-bajo, alto-bajo y bajo-alto, además de las entidades no significativas (Ramírez y Falcón, 2015).

Para el estudio del PNC se utilizó el I de Moran global y local en el análisis de la red social Flickr y de Wikiloc, para lo cual se apoyó el análisis mediante el uso de las herramientas SIG. Con la capa correspondiente a la ubicación georreferenciada de los puntos que representan a la red social Flickr, se procedió a dividir el parque en hexágonos regulares de 200 metros cada lado. Esta dimensión se obtuvo luego de realizar simulaciones con hexágonos de 100, 200, 300 y 400 metros, en las que al aplicar el análisis de AE con los puntos que representan a las fotografías como unidades de análisis, los hexágonos de 200 metros proporcionaron índices de AE más altos. La capa resultante permitió ubicar las zonas de mayor concentración de puntos (fotografías).

Con Wikiloc se ha realizado el mismo análisis, en este caso agregando a nivel de hexágonos los datos de puntos obtenidos en los tracks de cada una de las rutas descargadas de esta red social.

Aunque el I de Moran no es la única medida para analizar la autocorrelación espacial, no obstante, es la más difundida en el ámbito de la investigación geográfica. La estructura del I de Moran local es la siguiente:

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

I: índice de Moran

N: número de eventos (puntos) dentro del área de búsqueda

x_i : valor de la variable en la localización i

x_j : valor de la variable en la localización j

w_{ij} : peso espacial según grado de vecindad entre las entidades i y j

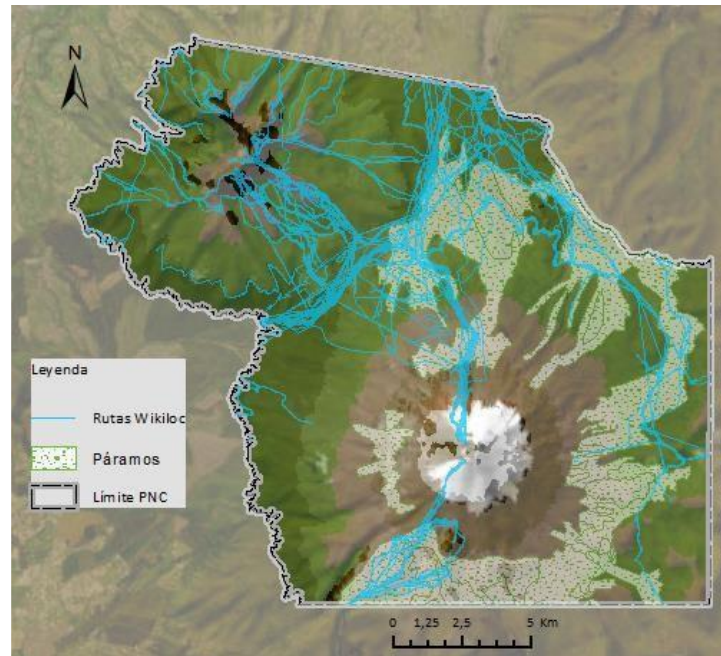
$\bar{x}$ = media aritmética

Resultados

La huella digital de los turistas análisis de datos de la red social Wikiloc

La utilización de senderos o caminos en un área protegida es parte intrínseca de las actividades de turismo, las cuales toman diferentes formas en el espacio geográfico. Este tipo de espacios y las actividades que se realizan en ellos tienen una fuerte impronta e impacto en el PNC. La tecnología ofrece alternativas para monitorear el uso de los senderos en los espacios naturales protegidos, y que pueden utilizarse para el control y gestión de estos espacios. El propósito de la utilización de los datos de rutas GPS descargados de la plataforma Wikiloc es el de identificar patrones de movilidad que generan las actividades de turismo en el PNC. En ese marco, a través del análisis exploratorio de datos se describen las actividades de turismo y esparcimiento que predominan y que ejercen mayor presión en el ecosistema del parque, así como la localización de aquellas zonas de mayor afluencia de visitantes. Para ello, la utilización de herramientas SIG facilitaron el procesamiento de datos georreferenciados y la visualización de las zonas de mayor concentración o desplazamiento de las entidades geográficas estudiadas en un espacio protegido que mantiene varios pisos climáticos. El total de rutas recogidas fue de 510, realizadas por 474 usuarios (fig. 1).

Figura 1. Líneas georreferenciadas de la red social Wikiloc en el Parque Nacional Cotopaxi

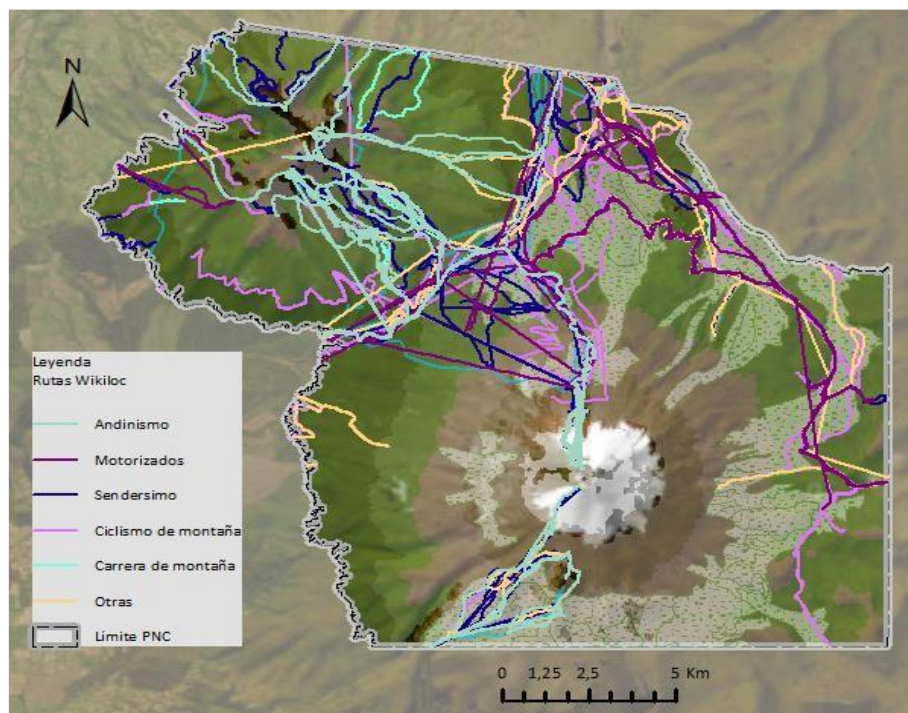


Fuente: Red social Wikiloc.

En una segunda etapa del análisis dentro del SIG se aplicaron técnicas de análisis geoestadístico, que permitieron realizar estimaciones acerca de la densidad de las entidades geográficas de tipo líneas, las cuales describen la ruta generada por los usuarios de la red Wikiloc en el interior del PNC (figura 2). La herramienta estadística conocida como método de estimación de densidad de Kernel, a través de una capa ráster de salida, permitió determinar la densidad de las entidades lineales que no tienen comportamientos estadísticos paramétricos (Jiménez, 1991).

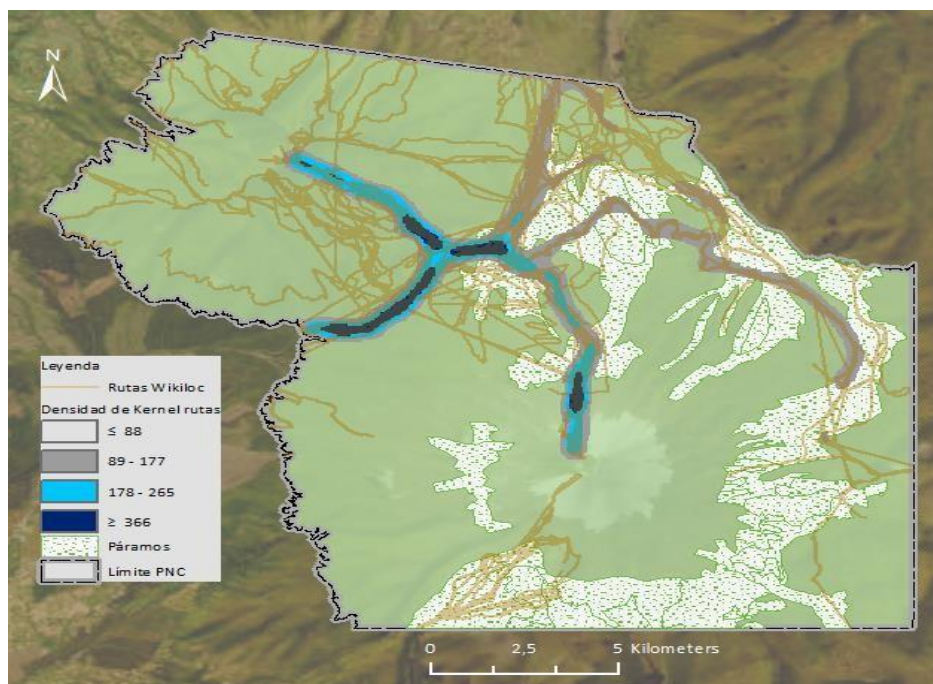
Para estimar la densidad de rutas de la red social Wikiloc, se realizaron distintas simulaciones con rangos de búsqueda de 200 a 600 metros, obteniendo mejores resultados con el radio de búsqueda de 600 metros. En este caso, se generó una capa ráster de densidad conocida también como mapa de calor, a partir de la capa vectorial de líneas, seleccionando las rutas ubicadas en un radio de 600 metros (fig. 3).

Figura 2. Rutas obtenidas de la red social Wikiloc por actividad



Fuente: Red social Wikiloc.

Figura 3. Mapa de densidad de Kernel de las rutas obtenidas de la red social Wikiloc



Fuente: Red social Wikiloc.

Tabla 1. Estadísticas de las rutas generadas según tipo de actividad en el Parque Nacional Cotopaxi

RUTAS CREADAS EN LA PLATAFORMA WIKILOC SEGÚN ACTIVIDAD						
Actividad	Nº de rutas	%	Dist_Max (m)	Dist_Min (m)	Promedio (m)	Desv_Est
Senderismo	188	34,1	39.733	47,81	7.983,11	6.413,91
Ciclismo de montaña	120	21,7	57.783,24	170,12	19.639,01	13.260,8
Montañismo	95	17,2	34.642,3	809,44	7.656,42	5.057,17
Motorizados	36	6,5	62.599,16	342,85	21.318,47	14.739,11
Cicloturismo	25	4,5	54.266,56	3111,67	24.435,04	16.516,79
Carrera de montaña	20	3,6	57.201,4	276,17	10.592,76	13.067,62
Paseo en auto	18	3,3	30.618,04	397,93	12.768,05	10.542,6
No especificadas	50	9,1	48.907,82	281,31	13.857,65	9.480,5
Total	552	100				

Fuente: Red social Wikiloc.

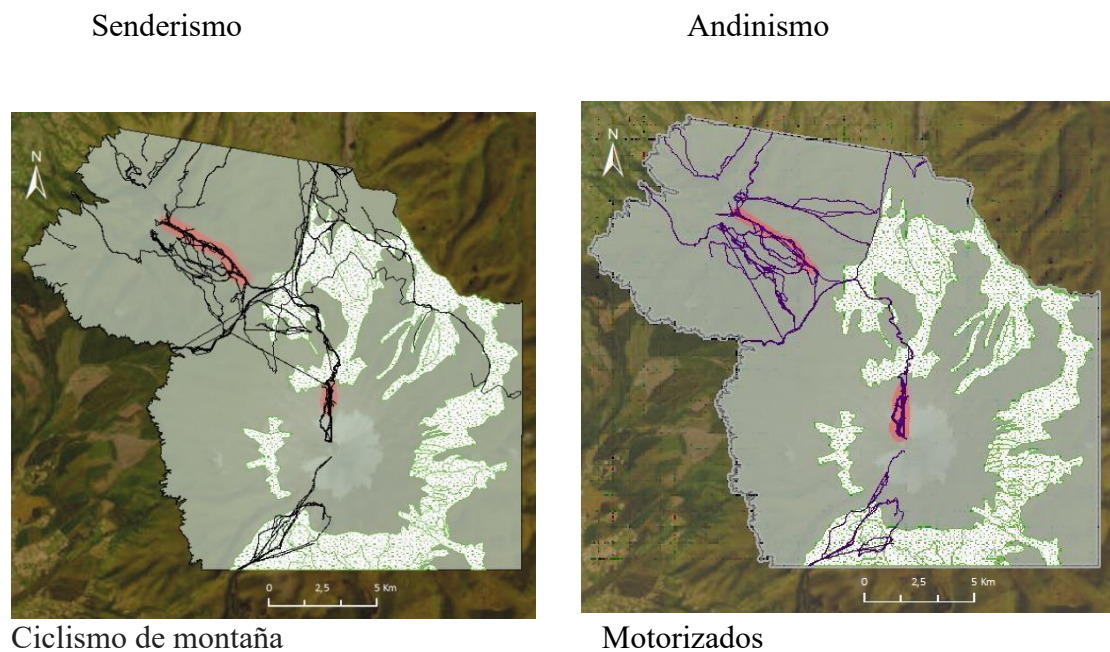
Espacios con mayor presión

Una vez que se han descrito las actividades que se realizan en el parque, tomando en cuenta la localización espacial, el piso climático en el que se desarrollan y la densidad con que se forman las rutas, consideramos importante añadir al estudio alguna información adicional sobre la cuantificación del área del parque que ha sido afectada por las actividades analizadas en la presente investigación.

Para este análisis se consideró los estudios realizados por Robert Hofstede (2001), acerca del impacto de las actividades humanas sobre el páramo. Los datos obtenidos en el

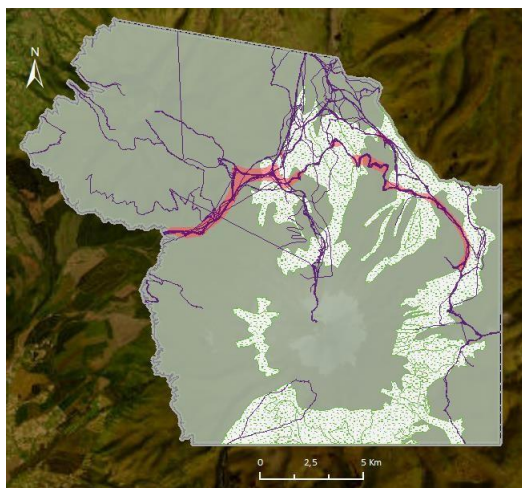
presente estudio servirán de base para cuantificar y realizar algunas estimaciones sobre el impacto de las actividades que se realizan en el PNC. De las conclusiones obtenidas en el estudio realizado por Robert Hofstede (2001) en el Parque Nacional Podocarpus, se determinó que el impacto de un camino transitado por un máximo de 100 personas al año genera una influencia directa sobre la diversidad de plantas, en una franja de cinco metros de ancho. De esta manera, contando con la información obtenida de la plataforma Wikiloc se calculó las longitudes de las rutas utilizando herramientas SIG, y tomando en cuenta la franja de cinco metros de ancho, convirtiendo las longitudes lineales a metros cuadrados y hectáreas, obteniendo de ese modo una estimación del número de hectáreas afectadas por las actividades que se realizan en el PNC.

Figura 4. Espacios de mayor presión en el Parque Nacional Cotopaxi

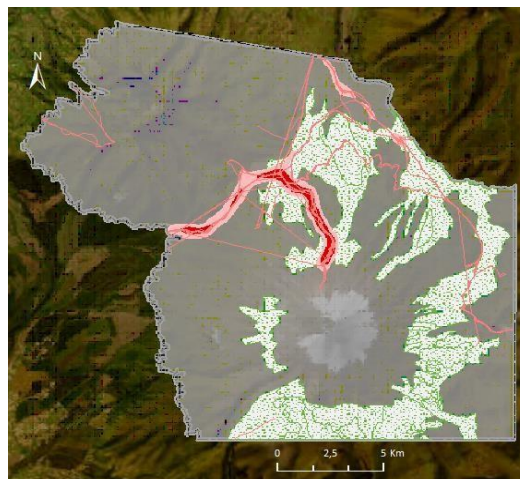


Haga clic aquí para escribir texto.

13



Carrera de montaña



Otras actividades

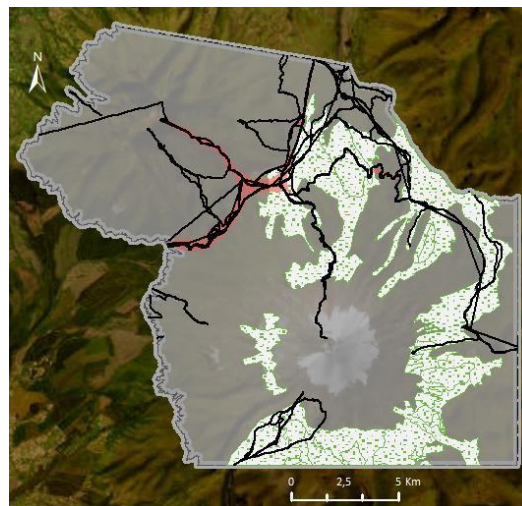
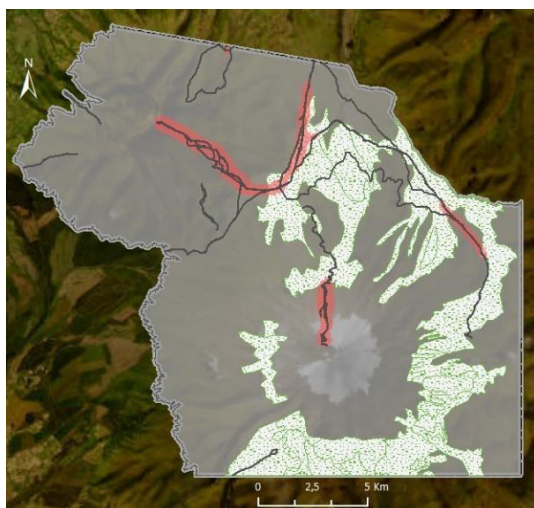


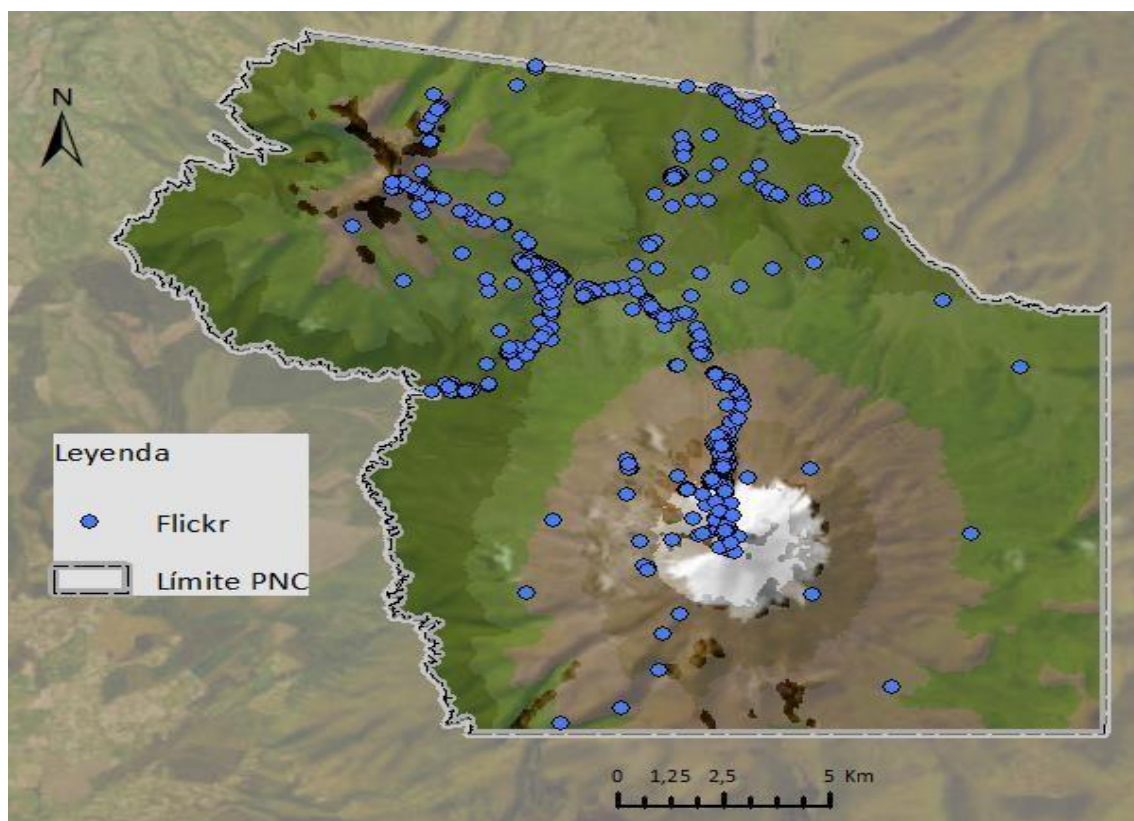
Tabla 2. Actividades de turismo que generan mayor impacto en el ecosistema del Parque Nacional Cotopaxi

Actividad	N.º de rutas	Porcentaje	Hectáreas	Longitud promedio de rutas (m)
Senderismo	187	36,1	743,5	39.760,1
Motorizados	28	5,41	314,9	112.481,7
Carrera de montaña	20	3,86	101,9	50.955,0
Ciclismo de montaña	141	27,22	1.413,6	109.584,9
Andinismo	93	17,95	354,5	38.123,1
Otras actividades	49	9,46	353,7	72.187,5
Total	518	100	3.282,3	423.092,3

En la tabla 2 de resumen se puede observar que el ciclismo de montaña es la actividad que mayor impacto genera en cuanto al número de hectáreas, seguido del senderismo. Las dos actividades representan el 63,3% del total de rutas analizadas y suman un total de 2157,2 hectáreas afectadas. Sin embargo, se debe destacar que la actividad de motorizados a pesar de que representa el 5,4%, tiene el valor medio más alto en la longitud de rutas, lo cual indica que la huella generada por esta actividad tiene mayor connotación que el resto de las actividades por su extensión, mayor espacio de terreno, contaminación acústica y por las marcas que dejan los neumáticos en el terreno destruyendo la capa vegetal. De manera similar, la longitud media de las rutas relacionadas con el ciclismo de montaña es la segunda más alta.

El área total estimada del parque que ha sido afectada por las diversas actividades analizadas es de 3.282 hectáreas. Esto representa aproximadamente el 9,8% del área total del parque. Extensión que debe ser tomada en cuenta para establecer políticas en cuanto al uso que se da a los terrenos del parque. Si se considera que no existe una red de senderos o vías trazadas para la práctica de las actividades descritas, es bastante probable que de manera arbitraria se continúe generando rutas en varias direcciones del parque.

La huella digital de los turistas análisis de datos de la red social Flickr



Para el análisis de los datos de la red social Flickr nos apoyamos nuevamente en las herramientas SIG. Una vez obtenida la capa correspondiente a la ubicación georreferenciada de los puntos que representan las fotografías subidas a la red social Flickr (fig. 5), se procedió a dividir el parque en hexágonos regulares de 200 metros cada lado, representando las entidades de análisis en el espacio geográfico del PNC. Se utilizaron hexágonos de 200 metros luego de realizar simulaciones con mallas de hexágonos de 100, 200, 300 y 400 metros respectivamente, en las que al realizar el análisis de autocorrelación espacial (índice de Moran), con las fotografías como atributos asociados al espacio geográfico, los hexágonos de 200 metros proporcionaron el índice de autocorrelación espacial más alto (tabla 3). El valor obtenido del índice global de autocorrelación espacial de Moran (0,20) en los hexágonos de 200 metros, señala la presencia de autocorrelación positiva y con clara evidencia de valores estadísticamente significativos al observar los resultados de Z-score y P. Los resultados indican una tendencia muy marcada a formar agrupaciones o clústeres en el área del parque.

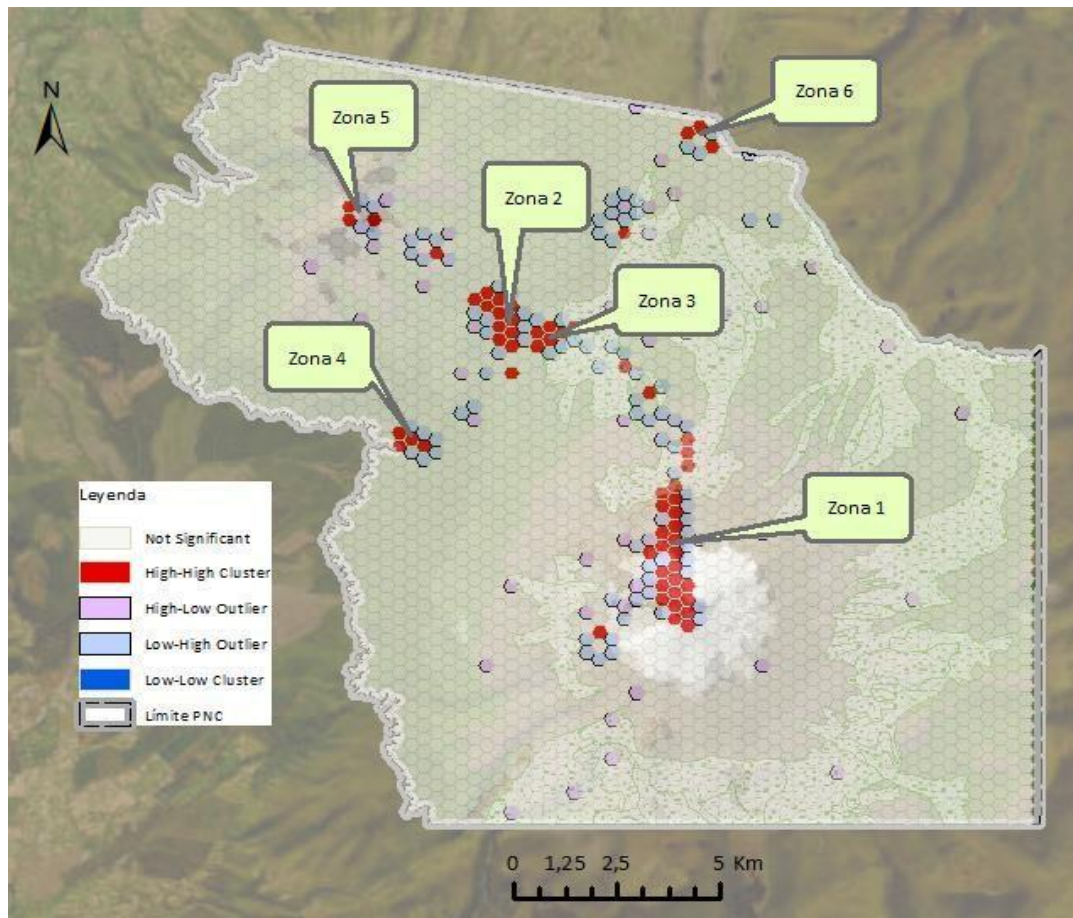
Figura 5. Puntos georreferenciados de la red social Flickr en el Parque Nacional Cotopaxi

Tabla 3. Análisis de autocorrelación espacial por hexágonos regulares de la localización de las fotografías subidas a la red social Flickr.

Hexágonos (metros)	Total hexágonos (n)	N° Hexágonos con fotografías	Total fotografías	Índice global de autocorrelación espacial por hexágonos		
				I de Moran	Z-score	P-value
100	12284	271	1629	0,1837	41,13	0,0000
200	3146	179	1629	0,2026	21,67	0,0000
300	1492	131	1629	0,1485	14,34	0,0000
400	851	121	1629	0,1243	8,44	0,0000

Una vez identificada la medida apropiada del hexágono para el análisis de patrones espaciales, se procedió a realizar el análisis del Índice local de autocorrelación espacial (LISA), el cual clasifica en cuatro categorías la formación de clústeres: ‘HH’ como clústeres de valores altos rodeados de valores altos, ‘LL’ como clústeres de valores bajos rodeados de valores bajos, y las categorías ‘HL’ y ‘LH’ que representan valores atípicos altos y bajos (Barros, 2024). El resultado del análisis geoestadístico de la prueba LISA determinó seis zonas con mayor concentración de puntos, es decir, la formación de clústeres ‘HH’ (fig. 6). Al asociar estas concentraciones con las actividades de turismo, se deduce que existen áreas que han captado el mayor interés por parte de los turistas.

Figura 6. Análisis del Índice local de autocorrelación espacial (LISA)



Luego de identificar las zonas de mayor concentración de puntos, se procedió a desagregar las zonas en cuyos hexágonos se evidencia la presencia de clústeres con valores altos (HH). Se generaron polígonos que cubrieron los clústeres HH. Al ser zonas más reducidas, se realizaron simulaciones con medidas de 40, 50 y 100 metros de hexágonos regulares, de tal forma que permita determinar la medida del hexágono que resulte tener el índice de autocorrelación espacial más alto. En este caso, la prueba del índice de Moran aplicada al hexágono regular de 100 metros resultó tener el índice más alto.

El análisis local de autocorrelación espacial LISA, se realizó en las seis zonas de forma individual (tabla 4), observándose que, en las tres primeras zonas, los indicadores I de moran señalan una tendencia a formar clústeres.

Tabla 4. Análisis local de autocorrelación espacial por hexágonos regulares de 100 metros

Zona	N. ° de hexágonos con fotografías	N. ° de fotografías	Usuarios	Índice local de autocorrelación espacial por hexágonos		
				I de Moran	Z-score	P-value
1	50	775	79	0,245	7,53	0,0000
2	26	197	34	0,131	3,15	0,0016
3	10	69	16	0,187	1,81	0,0699
4	8	38	10	0,011	0,51	0,6200
5	9	64	5	-0,027	0,14	0,8850

Las siguientes figuras identifican la huella digital en las tres zonas donde se obtuvo valores positivos en el índice de Moran :

Figura 7. Huella digital en el ascenso del Cotopaxi

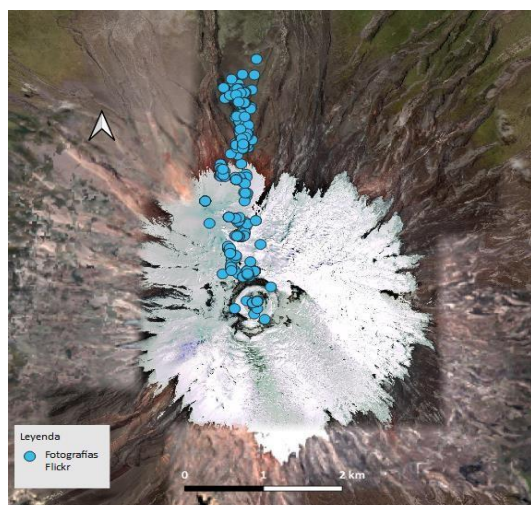


Figura 8. Huella digital en la Laguna de Limpiopungo

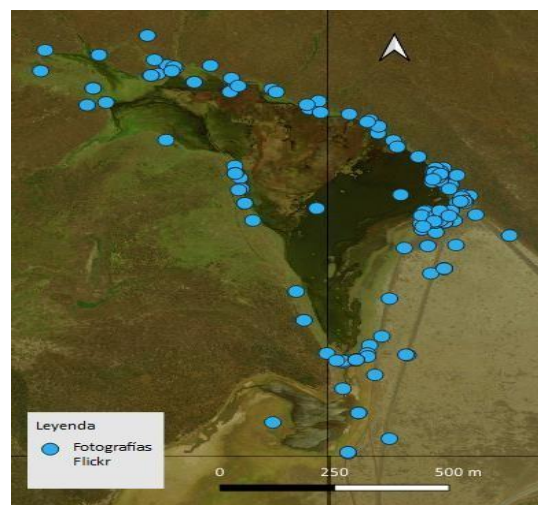
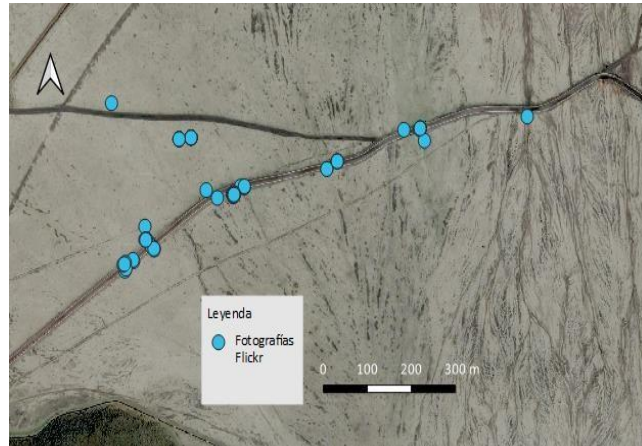


Figura 9. Huella en la zona de parqueo de vehículos de la Laguna de Limpiopungo



Una vez identificadas las zonas cuyos atractivos son sometidos a mayor presión, se procedió a extraer las fotografías (puntos) que corresponden a cada zona (figura 10). Para medir el impacto del turismo en estas, se utilizó el procedimiento planteado por Robert Hofstede, ya descrito. Los puntos que representan a las fotografías se transformaron en líneas, con la finalidad de formar buffers con distancias de diez metros de ancho. Este procedimiento permitió calcular las áreas que ocupan los usuarios al tomar las fotografías en las zonas de estudio. La tabla 5 resume las estimaciones realizadas sobre el impacto en los atractivos más visitados del parque. Como resultado, el área total de impacto es de 194, 6 hectáreas.

La figura 10 permite visualizar los puntos geolocalizados que representan a las fotografías tomadas por los turistas en los sitios mencionados, y descargadas de la red social Flickr.

Figura 10. Fotografías geolocalizadas obtenidas de la red Social Flickr

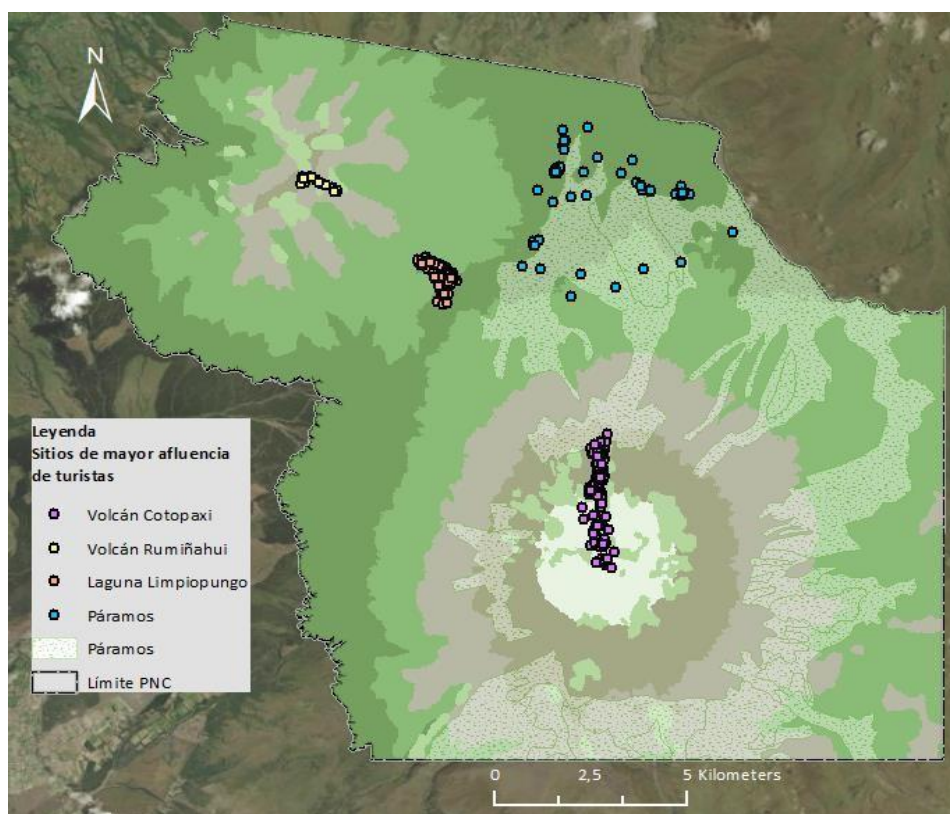


Tabla 5. Estimaciones realizadas sobre el impacto en los atractivos más visitados del Parque Nacional de Cotopaxi

Zona	Área de impacto (Ha)
Volcán Cotopaxi	78,96
Laguna Limpiopungo	14,15
Volcán Rumiñahui	2,10
Páramos	99,43
Total	194,64

Discusión

Esta investigación ha tratado de avanzar en los métodos para el estudio del turismo en los espacios naturales. Se trata de un tema de gran interés en la actualidad, por la importancia que juegan estas áreas en el marco de los retos del proceso de cambio climático. Se hace además en un espacio especialmente singular, como son los espacios naturales de Ecuador, y en particular en un espacio de montaña ecuatorial, especialmente sensible a los impactos de ese cambio climático. La investigación ha utilizado las nuevas fuentes de información como son los datos masivos provenientes de redes sociales geolocalizadas, para complementar las investigaciones tradicionales en las que se utilizan encuestas.

El área de estudio ha sido el PNC. Se trata de un área protegida dotada de escenarios singulares donde la práctica de actividades en torno al turismo de naturaleza ha tenido un crecimiento importante. No obstante, a partir de la declaración de zona protegida, las implicaciones que derivan de esta figura involucran acciones de planificación, control y gestión del espacio natural. En ese sentido, es necesaria la búsqueda y desarrollo de métodos y técnicas que permitan extraer información útil para la toma de decisiones en torno a la dinámica del turismo en el PNC.

Los datos masivos se perfilan como importantes fuentes proveedoras de información para las investigaciones de carácter social. La utilidad de los datos masivos se encuentra en los metadatos, los cuales, luego del procesamiento y su análisis, permitieron describir y entender la dinámica del turismo en el PNC. Como elemento importante de los metadatos, es la visualización del fenómeno de estudio a través del uso de cartografía digital, permitiendo identificar de forma clara la concentración de los espacios y la presión turística que se ejerce sobre ellos, llegando a la conclusión de que la presión turística no es homogénea.

Análisis del turismo en el Parque Nacional Cotopaxi, una aproximación con datos geolocalizados de la red social Flickr y Wikiloc

Existen espacios considerados como frágiles por sus ecosistemas, como el caso de la Laguna de Limpiopungo, el acceso al Volcán Cotopaxi, los páramos y el Volcán Rumiñahui. Los datos obtenidos de la red social Flickr permitió delimitar el área de impacto de estas zonas. La investigación confirma la utilidad que tienen los datos geolocalizados procedentes de redes sociales en el análisis del turismo en los espacios de naturaleza.

Lista de referencias

- Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. *Revista universitaria de geografía*, 18(1), 11-31.
- Cuartas, D. E., Arango-Londoño, D., Guzmán-Escarria, G., Muñoz, E., Caicedo, D., Ortega, D., ... y Méndez, F. (2023). Análisis espacio-temporal del SARS-coV-2 en Cali, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22, 138-143.
- Flores Cueto, J. J., Morán Corzo, J. J., y Rodríguez Vila, J. J. (2009). Las redes sociales. *Universidad de San Martín de Porres*, 3, 1-15.
- Flickr. (s.f.). El foro de ayuda. <https://www.flickr.com/help/forum/en-us/72157633610778281/>
- Hofstede, R. (2001). El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*; Mena, P., Medina, G., Hofstede, R., Eds, 161-185.
- Jiménez, A. M. (1991). Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 155-170.
- Olaya, V. (2020). Sistemas de Información Geográfica (Versión revisada de julio de 2020). Accesible en: <https://github.com/volaya/libro-sig/releases/> (Consultado: agosto, 2023).
- Ramírez, L., y Falcón, V. (2015). Autocorrelación espacial: Analogías y diferencias entre el índice de Moran y el índice Getis y Ord. Aplicaciones con indicadores de acceso al agua en el norte argentino. *Ponencia presentada en las Jornadas Argentinas de Geotecnologías, Universidad Nacional de San Luis*, 2.
- Tobler, W. R. (1970). *Spectral analysis of spatial series*. Library Photographic Service, U. of California.
- Tran, T. N., Wehrens, R., y Buydens, L. M. C. (2006). KNN-kernel density-based clustering for high-dimensional multivariate data. *Computational Statistics and Data Analysis*, 51(2), 513–525. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2005.10.001>

Siabato, W., Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 1-22.

Wikiloc. (s.f.). El mundo por explorar. <https://es.wikiloc.com/wikiloc/about-us.do>