

Perspectiva Geográfica

Revista del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía

julio - diciembre de 2017

Vol. 22

N.º 2



Perspectiva Geográfica

Revista del Programa de Estudios de Posgrado en Geografía

Es una revista académica arbitrada especializada en estudios geográficos y de planificación territorial, dirigida a comunidades académicas, investigativas y del desarrollo territorial, interesadas en temas geográficos y ciencias afines. La publicación es editada por el programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG) en el marco del convenio de colaboración científica entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) desde 1987, de periodicidad semestral desde el 2013. En la revista se publican artículos originales e inéditos de investigación, reflexión y revisión, referidos a la espacialidad de los fenómenos sociales, económicos, políticos, culturales y naturales, desde diversas perspectivas y enfoques teóricos. También acoge los estudios sobre aspectos técnicos y metodológicos del quehacer propio de los geógrafos, así como los trabajos de geografía aplicada en los campos de la geomática, la planificación territorial y las investigaciones de frontera.

Correspondencia:

Editora:

Nohora Inés Carvajal Sánchez
Carrera 30 Núm. 48-51, Edificio CIAF Oficina 108, Bogotá (Colombia)
[57-1] 369 4000/4100 Ext. 91631
perspectiva.geografica@uptc.edu.co

Teléfono:

Canje:

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)
Biblioteca Central
Avenida Central del Norte Tunja-Boyacá-Colombia
biblioteca.informacion@uptc.edu.co

Editora en Jefe UPTC:

Ruth Nayibe Cárdenas Soler

Corrección de estilo:

Ludwing Cepeda A.

Corrección Abstract:

Ludwing Cepeda A.

Diagramación:

Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres
Oficina de Difusión y Mercadeo, IGAC

Diseño de portadas:

Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres

Retoques gráficos:

Banco de Imágenes, CIAF-IGAC

Ilustración en portada:

Impresión:

Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres
Cra 69H N.º 77-40 CEP: 111061
Bogotá, Colombia
artes@xpress.com.co
Tel.: 602 0808

Publicación financiada por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la UPTC.
Está licenciada bajo los términos de Creative Commons Attribution 4.0 International






Esta revista se terminó de imprimir en Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres con una edición de 400 ejemplares. Bogotá, Colombia

Indexada en:

	Actualidad Iberoamericana (<i>Índice Internacional de Revistas</i>)
	CLASE (<i>Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades</i>)
	Dialnet (<i>Universidad de la Rioja</i>)
	Emerging Sources Citation Index
	European Reference Index for the Humanities and Social Sciences
	Latindex (<i>Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal</i>)
	IBN-Publindex (Colciencias) en Categoría B
	SciELO (Scientific Electronic Library Online)

Incluida en los catálogos:

	REDIB (<i>Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico</i>)
	JournalTOCs
	OCLC Worldcat

De consulta en la plataforma de recursos y servicios documentales:

<http://www.uptc.edu.co/enlaces/rpersgeogra>

Programa de Estudios de Posgrado en Geografía, EPG
Convenio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC
Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC

Consejo directivo

ALFONSO LÓPEZ DIAZ <i>Rector</i> <i>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</i>	DIANA ELVIRA SOTO ARANGO <i>Decana Facultad de Ciencias de la Educación</i> <i>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</i>
JUAN ANTONIO NIETO ESCALANTE <i>Director General</i> <i>Instituto Geográfico Agustín Codazzi</i>	WILLIAM PACHECO VARGAS <i>Director Escuela de Ciencias Sociales</i> <i>Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</i>
HÉCTOR MAURICIO RAMÍREZ DAZA <i>Jefe Oficina CIAF</i> <i>Instituto Geográfico Agustín Codazzi</i>	

Coordinador académico (E)

WLADIMIR MEJÍA AYALA
(Ph.D. en Geografía de la Université D'Angers, Francia)
Estudios de Posgrado en Geografía
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Perspectiva Geográfica

julio - diciembre de 2017

Vol. 22

N.º 2

ISSN 0123-3769 (Impreso) • ISSN 2500-8684 (En línea)

Publicación coordinada por el Programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG), Convenio UPTC-IGAC

Editora

NOHORA INÉS CARVAJAL SÁCHEZ
(Ph.D. en Geografía de la Université de Montréal, Canadá)
Estudios de Posgrado en Geografía
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Asistente editorial

JULY ALEJANDRA CASTRO HERNÁNDEZ

Comité editorial

ÁNGEL MASSIRIS CABEZA
(Doctor en Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, México)
Consultor internacional, Colombia

DELFINA TRINCA FIGHERA
(Doctora en Geografía Humana de la Universidad de São Paulo, Brasil)
Universidad de los Andes, Venezuela

EDUARDO SALINAS CHÁVES
(Doctor en Geografía de la U. de La Habana, Cuba)
Universidad de La Habana, Cuba

EFRAÍN LLANOS HENRÍQUEZ
(Doctor en Geografía Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia)
Universidad del Atlántico, Colombia

FRANZ GUTIÉRREZ REY
(Doctor en Geografía de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia)
Estudios de Posgrado en Geografía
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

HÉCTOR MAURICIO RAMÍREZ DAZA
(Magíster en Geografía de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia)
Jefe Oficina CIAF, Colombia

JOSÉ GÓMEZ ZOTANO
(Ph.D. en Ambiente y Paisaje de la Université de Toulouse, Francia)
Universidad de Granada, España

ÓSCAR BUITRAGO BERMÚDEZ
(Doctor en Geografía de la Universidade Estatal Paulista Julio de Mesquita Filho, Brasil)
Universidad del Valle, Colombia

Comité científico

DAVID VELÁSQUEZ TORRES
(Doctor en Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, México)
Universidad de Quintana Roo, México

ELKIN VELÁSQUEZ MONSALVE
(Doctor en Geografía de la Université Grenoble Alpes, Francia)
Instituto Latinoamericano de Altos Estudios, Perú

JAIR PRECIADO BELTRÁN
(Doctor en Geografía de la Universidad Estadual Paulista, Brasil)
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

JOAQUÍN FARINOS DASI
(Doctor en Geografía de la Universidad de Valencia, España)
Universidad de Valencia, España

LUIS CHÍAS BECERRIL
(Ph.D. en Geografía de la Université de Toulouse, Francia)
Universidad Nacional Autónoma de México, México

MARÍA ELINA GUDIÑO DE MUÑOZ
(Doctora en Geografía de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)
Universidad Nacional de Cuyo, Argentina

ROBERTO GONZÁLEZ SOUSA
(Doctor en Ciencias Geográficas de la Universidad Estatal de Moscú, URSS)
Universidad de La Habana, Cuba

El comité editorial agradece a los jurados que hicieron posible este volumen:

ALMA VILLASEÑOR FRANCO
(Doctora en Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México)
Universidad Autónoma de Guerrero, México

ANA CAROLINA BECEYRO
(Doctora en Geografía de la Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)
Universidad Nacional de Cuyo, Argentina

CAMILO TORRES SANABRIA
(Ph.D. en Ciencias Sociales de la Universidad de Wageningen, Holanda)
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia

DANIEL ELÍAS CUARTAS ARROYAVE
(Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad del Valle, Colombia)
Universidad del Valle, Colombia

DIANA PATRICIA GARCÍA TELLO
(Doctora en Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México)
Universidad Autónoma de Querétaro, México

EDISON SARACHE SUAREZ
(Magíster en Geografía, Estudios de Posgrado en Geografía, convenio UPTC-IGAC)
Secretaría Distrital de Hábitat, Colombia

FABIÁN ALFREDO PLAZAS DÍAZ
(Magíster en Estudios Latinoamericanos, mención en Relaciones Internacionales, Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador)
Universidad La Gran Colombia, Colombia

FABIÁN ARAYA PALACIOS
(Postdoctor en Educación Geográfica de la Universidad Federal de Goias, Brasil)
Universidad de La Serena, Chile

FÉLIX REINALDO PASTRÁN CALLES
(Doctor en Cultura Latinoamericana y Caribeña de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela)
Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Venezuela

GLEIDY ALEXANDRA URREGO ESTRADA
(Doctorante en Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín)
Universidad Nacional de Colombia

GUY CRAWFORD
(Doctorante en Geografía Humana de la University of Lancaster, Inglaterra)
University of Lancaster, Inglaterra

HERNÁN JAVIER DÍAZ PERDOMO
(Doctorante en Ciencias Geográficas de la Universidad Laval, Canadá)
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia

JESÚS LÓPEZ BAEZA
(Doctorante en Arquitectura. Especialización en Urbanismo de la Universidad de Alicante, España)
SPIN Unit ÖU, Estonia

JOHN JAIRO CÁRDENAS HERRERA
(Doctorante en Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá)
Centro de Estudios Sociales, Colombia

JORGE LUIS GONZÁLEZ CALLE
(Doctor en Geografía Humana de la Universidad Complutense de Madrid, España)
Universidad del Tolima, Colombia

JOSÉ ALEJANDRO SALAMANCA GARCÍA
(Magíster en Ciencias y Sistemas de Información Geográfica de la Universität de Salzburg, Austria)
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia

JOSÉ ÁNGEL HERNÁNDEZ LUIS
(Doctor en Geografía de la Universidad de Las Palmas
de Gran Canaria, España)
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

JOSÉ ARMANDO SANTIAGO GARNICA
(Doctor en Geografía, Estudios de Posgrado
en Geografía, convenio UPTC-IGAC)
Universidad Pedagógica Experimental Libertador – Instituto Pedagógico Rural “Gervasio Rubio”, Venezuela

JOSÉ LUIS SERRANO MONTES
(Doctorante en Geografía y Desarrollo Territorial
de la Universidad de Granada, España)
Universidad de Granada, España

JOSÉ RAMÓN HERNÁNDEZ SANTANA
(Doctor en Ciencias Geográficas de la Academia de Ciencias
de la Unión Soviética, URSS)
Universidad Nacional Autónoma de México

JOSÉ LUBÍN TORRES OROZCO
(Doctor en Desarrollo Sostenible de la Universidad
de Extremadura, España)
Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

KAREN CECILIA FLÓREZ LOZANO
(Doctora en Estadística y Optimización,
Universidad de Valencia, España)
Universidad del Norte, Colombia

LUIS GABRIEL DUQUINO ROJAS
(Doctorante en Geografía, Estudios de Posgrado en Geografía,
convenio UPTC-IGAC)
Universitaria Agustiniiana, Colombia

LUIS GUILLERMO TORRES PÉREZ
(Doctorante en Educación de la Universidad
Pedagógica Nacional, Colombia)
Secretaría de Educación del Distrito, Colombia

MARÍA ALEXANDRA GUTIÉRREZ VERA
(Magíster en Geografía, Estudios de Posgrado
en Geografía, convenio UPTC-IGAC)
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria–UPRA, Colombia

MARÍA VICTORIA SOTO
(Doctora en Ciencias Naturales de la Universidad
de Tubinguen, Alemania)
Universidad de Chile

MELINA YULN
(Doctorante en Arquitectura de la Universidad Nacional de La Plata,
Argentina) Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia
de Buenos Aires, Argentina

NÉSTOR RICARDO BERNAL SUÁREZ
(Magíster en Meteorología de la Universidad Nacional de Colombia)
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

NICE SEOLIN
(Doctora en Geografía de la Universidade Estadual Paulista –
UNESP/Presidente Prudente-SP, Brasil)

OSVALDO DANIEL CARDOZO
(Doctor en Cartografía, Sistemas de Información Geográfica y
Teledetección de la Universidad de Alcalá, España)
Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

PABLO MARTÍ CIRIQUIÁN
(Doctor Arquitecto de la Universidad Politécnica de Valencia)
Universidad de Alicante, España

ROSA VIRGINIA OCAÑA
(Doctora en Transporte Urbano de la Universidad
de Paris XII, Francia)
Universidad Simón Bolívar, Venezuela

SANDRA ELIZABETH GUTIÉRREZ POMBOSA
(Doctora en Matemáticas de la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador)
Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

SERGIO ANDRÉS LAITON
(Doctorante en Geografía, Estudios de Posgrado en Geografía,
convenio UPTC-IGAC)
Secretaría Distrital de Planeación, Colombia

SONIA ESPERANZA DÍAZ MÁRQUEZ
(Doctora en Proyecto, Construcción y Gestión del Territorio de la
Universidad de Castilla – La Mancha, España)
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

UBEIMAR MARTÍNEZ SIERRA
(Doctorante en Geografía de la Universidad Complutense de Madrid,
España)
Universidad Complutense de Madrid, España

WILSON FERNANDO GÓMEZ ANAYA
(Magíster en Geografía, Estudios de Posgrado en Geografía,
convenio UPTC-IGAC)
Unión Temporal Corredor Jaguar Norandino, Colombia

Contenido/Content

Editorial/Editorial

9

Espacialidad, tradición indígena y turismo sostenible: mirada sistémica de la cacería Sápara en Ecuador
Spatiality, indigenous tradition and sustainable tourism: a systemic look at the Sápara hunt in Ecuador
Spatialidade, tradição indígena e turismo sustentável: aspecto sistêmico da caça Sápara no Equador
 Wladimir Mejía Ayala

13

Evaluación de la dimensión operativa del transporte colectivo en el área metropolitana de Mendoza, Argentina
Evaluation of the operational dimension of collective transport in the metropolitan area of Mendoza, Argentina
Avaliação da dimensão operacional do transporte coletivo na área metropolitana de Mendoza, Argentina
 María Emilia García Schilardi

29

Transformaciones y prospectiva del paisaje en el páramo de Paja Blanca, Nariño, Colombia
Transformation and prospective in the landscape of Paramo Paja Blanca, Nariño, Colombia
Transformações e previsão da paisagem no Páramo de Paja Blanca, Nariño, Colômbia
 Diego Andrés Muñoz-Guerrero

47

Accesibilidad física de la población a servicios de salud pública en San Pelayo y Cereté, Córdoba, Colombia, año 2015
Physical accessibility of the population to public health services in San Pelayo and Cereté, Córdoba, Colombia, year 2015
Acessibilidade física da população aos serviços de saúde pública em San Pelayo e Cereté, Córdoba, Colômbia, ano 2015
 Francisco Javier Hernández Gene
 Rosana Garnica Berrocal

67

Modelo bayesiano para el estudio de la enfermedad del dengue en el departamento de Atlántico, Colombia, años 2010 a 2013
Bayesian Model for the Study of Dengue Disease in the Department of Atlántico Colombia Years 2010 to 2013
Modelo bayesiano para o estudo da doença do dengue no departamento de Atlântico, Colômbia, anos 2010 a 2013
 Angie Andrea Montoya González
 Fabián Gabriel Ortiz Beltrán
 Luis Fernando Santa Guzmán

85

Uso de Modelos Lineales Generalizados (MLG) para la interpolación espacial de PM10 utilizando imágenes satelitales Landsat para la ciudad de Bogotá, Colombia
Generalized Linear Models (GLM) for Spatial Interpolation of PM10 Using Landsat Satellite Images for the City of Bogotá, Colombia
Uso de Modelos Lineares Generalizados (MLG) para a interpolação espacial de PM10 usando imagens satelitais Landsat para a cidade de Bogotá, Colômbia
 Miguel Ángel Ramírez Gutiérrez

105

Aproximaciones al desarrollo territorial desde un análisis del periurbano en Boyacá, Colombia
Approach to Territorial Development from Analysis of Periurban in Boyacá, Colombia
Aproximações ao al desenvolvimento territorial desde uma análise do periurbano em Boyacá, Colômbia
 Danilo Castro Ricaurte

123

Evolución geohistórica de la morfología urbana de Ambalema, Tolima, Colombia 137
Geohistorical evolution of urban morphology of Ambalema, Tolima, Colombia
Evolução geohistórica da morfologia urbana de Ambalema, Tolima, Colômbia
 Douglas David Páez Trujillo

137

Reseñas

159

Guía para autores/Guidelines for Authors/ Diretrizes para autores

163

Editorial

En 2017 la revista *Perspectiva Geográfica* cumplió 20 años. Este aniversario, además de llenarnos de satisfacciones, significa un gran reto para el futuro de esta publicación. En el número anterior, hicimos una breve referencia, en la que destacamos el nuevo formato y el cambio en el diseño editorial.

A *Perspectiva Geográfica* le antecedió una publicación que reunía notas, artículos y resúmenes de trabajos de grado del programa Estudios de Posgrado en Geografía (EPG) y de su Asociación de Exalumnos, cuyo primer número apareció en 1991.

La revista inició en 1997 con el nombre *Perspectiva Geográfica*, cuyo principal objetivo era divulgar la producción académica y científica de estudiantes, egresados y profesores del EPG, particularmente de su programa de Maestría en Geografía. Desde este momento, la revista tuvo apertura hacia personas e instituciones tanto nacionales como extranjeras que estuvieron en sintonía con el enfoque del EPG y que aportaron a los debates de la geografía, especialmente en el tema de ordenamiento territorial, que en su momento lograba importancia nacional por la expedición de la Ley 388 de 1997.

En 2004, apareció un número especial de la revista, dedicado a los veinte años del EPG. Se reitera que la revista es el medio de difusión de los resultados de las investigaciones y reflexiones derivadas del EPG. Desde el 2010, con el inicio del Doctorado en Geografía, como otro de los programas del EPG, la revista se amplía para la difusión de las reflexiones derivadas de las tesis doctorales.

En esta ocasión, presentamos un número con temática variada que comprende el análisis de diferentes lugares de América Latina, como el territorio Sápara en Ecuador y el área metropolitana de Mendoza en Argentina, y particularmente de los departamentos de Nariño, Córdoba, Atlántico, Boyacá, Tolima y del distrito capital de Bogotá en Colombia.

Iniciamos con el artículo “Espacialidad, tradición indígena y turismo sostenible: mirada sistémica de la cacería Sápara en Ecuador”, de Wladimir Ayala Mejía, en el cual se desarrolla la idea que, al comprender una tradición indígena desde



el enfoque sistémico, es posible valorar esta tradición como bien patrimonial inmaterial y responder a los retos de su turistificación.

A continuación el artículo “Evaluación de la dimensión operativa del transporte colectivo en el área metropolitana de Mendoza, Argentina”, de María Emilia García Schilardi, analiza los componentes operativos básicos del sistema de transporte colectivo y determina que el modelo de movilidad desarrollado no presenta las capacidades y condiciones materiales para que sea sostenible.

En seguida el artículo “Transformaciones y prospectiva del paisaje en el páramo de Paja Blanca, Nariño, Colombia”, de Diego Andrés Muñoz-Guerrero, presenta la evaluación de las transformaciones ocurridas en el páramo, paisaje cuya importancia a escala mundial y local es relevante por sus funciones ecológicas e importancia social. Los hallazgos respecto a la simulación del paisaje para los próximos treinta años resultan significativos para los tomadores de decisiones.

Por otra parte, el artículo “Accesibilidad física de la población a servicios de salud pública en San Pelayo y Cereté, Córdoba, Colombia, año 2015”, de Francisco Javier Hernández Gene y Rosana Garnica Berrocal, a través del enfoque geográfico de localización de servicios, analiza diferentes categorías de accesibilidad física a los servicios de salud y concluye que en los municipios estudiados se evidencian desigualdades e inequidades manifiestas en los niveles diferenciales de la accesibilidad física de la población a estos servicios.

Así mismo, el artículo “Modelo bayesiano para el estudio de la enfermedad del dengue en el departamento de Atlántico, Colombia, años 2010 a 2013”, de Angie Andrea Montoya González, Fabián Gabriel Ortiz Beltrán y Luis Fernando Santa Guzmán, establece la relación entre los casos registrados de la enfermedad del dengue con datos tales como proyección de la población para los años de estudio, variables socio-económicas, tasa de crecimiento en la zona urbana de los municipios, porcentaje de personas con necesidades básicas insatisfechas, datos de precipitación y días con lluvia en el año. El estudio concluye que la enfermedad no tiene un patrón de comportamiento de fácil descripción, lo cual dificulta establecer predicciones acertadas al respecto. Los autores recomiendan trabajar con períodos mayores de análisis.

El artículo “Uso de modelos lineales generalizados (MLG) para la interpolación espacial de PM10 utilizando imágenes satelitales Landsat para la ciudad de Bogotá, Colombia”, de Miguel Ángel Ramírez Gutiérrez, explica el comportamiento espacial de los contaminantes del aire en Bogotá, determinando que el modelo lineal generalizado tipo Gamma genera diagnósticos adecuados

acerca de este comportamiento y sugiere que se consideren otros métodos de interpolación con este mismo propósito.

“Aproximaciones al desarrollo territorial desde un análisis del periurbano en Boyacá, Colombia”, de Danilo Castro Ricaurte, es un artículo que analiza el periurbano de Tunja, Duitama y Sogamoso, para proponer un modelo de desarrollo territorial acorde al potencial regional que se sustenta en la oferta de recursos sociales y ambientales.

Cierra esta sesión el artículo “Evolución geohistórica de la morfología urbana de Ambalema, Tolima, Colombia”, de Douglas David Páez Trujillo. A través de las categorías de análisis emplazamiento, situación, función urbana y plano, destaca la relación de Ambalema con el río Magdalena, las situaciones favorables y desfavorables que han servido para dinamizar o no las diferentes funciones como la agricultura, la comercial, particularmente el auge tabacalero de mediados del siglo XIX, la navegación y la turística, entre otras.

Finalmente, se presenta la reseña del libro *Geografías de la movilidad*, realizada por Vladimir Sánchez-Calderón.

Con este número, queremos destacar la labor investigativa de los autores, la cual contribuye a los debates actuales de la geografía en cuestiones como el turismo, el transporte colectivo, la relevancia de los páramos, la localización de servicios, el análisis espacial de enfermedades tropicales y de contaminantes del aire, el periurbano y la morfología urbana.

Nohora Inés Carvajal Sánchez
Editora

Espacialidad, tradición indígena y turismo sostenible: mirada sistémica de la cacería Sápara en Ecuador



**SPATIALITY, INDIGENOUS TRADITION AND SUSTAINABLE TOURISM:
A SYSTEMIC LOOK AT THE SÁPARA HUNT IN ECUADOR**

SPATIALIDADE, TRADIÇÃO INDÍGENA E TURISMO SUSTENTÁVEL:
ASPECTO SISTÊMICO DA CAÇA SÁPARA NO EQUADOR

WLADIMIR Mejía Ayala¹

Para citar este artículo: Mejía Ayala, W. (2017). Espacialidad, tradición indígena y turismo sostenible: mirada sistémica de la cacería Sápara en Ecuador. *Perspectiva Geográfica*, 22(2), 13-27. doi: 10.19053/01233769.7524

Recepción:

6 de marzo de 2017

Evaluación:

22 de agosto de 2017

Aprobación:

1 de septiembre de 2017

Resumen

Se pretende mostrar la recreación de la tradición indígena de la cacería Sápara como un sistema complejo y dinámico, el cual, al encontrarse inmerso en el espacio, permite responder a los retos que implica su turistificación sostenible y minimizar sus impactos negativos. La metodología empleada es de enfoque cualitativo, privilegiando la observación participante como método de recolección de la información. La experiencia *in situ* de esta tradición indígena de la Amazonía ecuatoriana se presenta en forma de relato. Como conclusión se propone que, desde el pensamiento sistémico, el turismo debe estar inmerso en la nequentropía, situación que se logra con una planificación desde las comunidades, basada en los límites del espacio físico en cuanto a su capacidad de reproducir en continuidad bienes y servicios, y en la capacidad de la comunidad local para resistir al señuelo del turismo y sus impactos.

¹ Ingeniero agroforestal de la Universidad de Nariño, Máster en Espacio, Turismo y Sociedad de la Université Paris VII (Diderot), Máster en Gerencia de la cultura y desarrollo de prácticas turísticas sostenibles de la Université de Paris IX (Dauphine). Doctor en Geografía de la Université d'Angers, Francia. Coordinador académico (E). Estudios de Posgrado en Geografía (EPG). Programas Doctorado y Maestría en Geografía. Convenio Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia e Instituto Geográfica Agustín Codazzi. wladimir.mejia@uptc.edu.co

Palabras clave: *espacialidad, teoría general de sistemas, tradición indígena, turistificación.*

Abstract

The objective of this article is to show the recreation of the indigenous hunting tradition of the Sápara people as a complex and dynamic system that is inscribed in space, which responds to the challenges of sustainable tourism and minimizes negatives impacts. The methodology used is a qualitative approach, privileging participant observation as a method of data collection. The *in situ* traditional hunting experience of the Sápara people of the Ecuadorian Amazon is presented in the form of a story. In conclusion, it is proposed that, from a systemic perspective, tourism must be immersed in negentropy, which should be achieved through community planning. This should be based on the limits of the physical space in terms of its ability to reproduce goods and services, and the ability of the local community to resist the lure of tourism and its impacts.

Keywords: *spatiality, general system theory, indigenous tradition, touristification.*

Resumo

Pretendem-se amostrar a recreação da tradição indígena da caça Sápara como um sistema complexo e dinâmico, o qual, ao achar-se imerso no espaço, permite responder aos desafios que implica sua turistificação sustentável e minimizar seus impactos negativos. A metodologia utilizada é de enfoque qualitativo, privilegiando a observação participante como método de recolecção da informação. A experiência *in situ* desta tradição indígena da Amazônia equatoriana apresenta-se em forma de relato. Como conclusão se propõe que, desde o pensamento sistémico, o turismo deve estar imerso na neguentropia, situação que se alcança com uma planificação desde as comunidades, baseada nos limites do espaço físico em quanto a sua capacidade de reproduzir em continuidade bens e serviços e na capacidade da comunidade local para resistir à atração do turismo e seus impactos.

Palavras chave: *espacialidade, teoria geral de sistemas, tradição indígena, turistificação.*

1. Introducción.

La aproximación sistémica como prisma de observación

A mediados del siglo XX, Ludwig von Bertalanffy (1968) señaló que el método científico, al estar basado en una visión mecanicista, causal y reduccionista, no permitía dar respuesta a ciertos problemas propuestos por los sistemas vivos. Esto lo llevó a plantear una reformulación global en el paradigma intelectual, lo que daría como resultado el surgimiento formal del pensamiento o mirada sistémica. La base filosófica del pensamiento sistémico es el holismo, es decir, la observación totalidades a partir de reglas aplicables a cualquier nivel de la realidad. Esto permite, tanto en el análisis de fenómenos como en las conclusiones resultantes, proponer soluciones en las cuales se tienen que considerar diversos elementos y relaciones que conforman la estructura de lo que se define como “sistema” y su entorno.

Según Von Bertalanffy (1968), un sistema es un complejo de elementos interactuantes, que, al estar abierto, interactúa al mismo tiempo con su entorno. Los elementos que conforman este complejo abierto pueden adquirir propiedades cualitativamente nuevas (emergentes), a través de su capacidad para auto-organizarse, por lo que están en una evolución continua. Esta evolución está relacionada con la entropía, que es la fuerza que todo sistema debe confrontar y que busca su desorganización. No obstante, gracias a un proceso de retroacción o de *feed-back*, un sistema es también capaz de producir neguentropía, o aquella energía que permite corregir la desviación producida por la entropía.

La mirada sistémica permite identificar con mayor claridad los fenómenos y sus posibles causas y consecuencias, facilitando su comprensión a partir de

una reflexión inter, multi y transdisciplinaria. Desde esa perspectiva, y a partir del ejemplo de la cacería Sápara en la Amazonía ecuatoriana, este artículo propone la tesis de que al entender la recreación de una tradición como un sistema complejo y dinámico² inmerso en una totalidad —representada por el espacio, entendido como medio ecológico (Santos, 1986)—, se puede poner en valor el bien patrimonial inmaterial de un pueblo indígena, respondiendo a los retos que implica su turistificación y minimizando sus impactos negativos.

Es decir que, lejos de ser un simple espectáculo que atrae turistas, la recreación de una tradición indígena es un proceso ordenado de gestión sostenible y adaptativa de y en espacios altamente biodiversos, que está claramente reglamentado y el cual se desarrolla en continuidad en el tiempo. No obstante, en razón de la intangibilidad de la tradición, los objetos geográficos que participan en su recreación no están explícitos; el modo como esos objetos se muestran ante nuestros ojos es a partir de las relaciones que se establecen entre ellos y que pueden ser entendidos como procesos. Esta característica emergente puede, en un momento dado, favorecer la utilización responsable del patrimonio cultural inmaterial con fines turísticos y la creación de nuevos lugares para el desarrollo sostenible de esta actividad.

De esta manera, el artículo está dividido en cuatro partes. En la primera, se exponen las características socioespaciales del pueblo indígena Sápara y la

2 Según Morin (1990), la complejidad es un tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, que constituyen el mundo fenoménico y que desafían nuestras posibilidades de cálculo. Según el autor, la complejidad se presenta también con los rasgos inquietantes de lo enredado, de lo inextricable, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre y lo aleatorio. En palabras del autor, “la complejidad siempre está relacionada con el azar” (p. 60).

manera como el turismo llega y se desarrolla en este territorio. Se presenta igualmente la metodología aplicada y se explica el por qué este pueblo fue tomado como caso de estudio. A continuación, en la segunda parte, se introduce el problema a partir de la narración de la experiencia *in situ* del autor y de su análisis, el cual se desarrolla, principalmente, apoyándose en la teoría general de sistemas de Bertalanffy (1968), y se presenta en la tercera parte. Finalmente, en la cuarta parte del artículo, se reflexiona sobre cómo a partir de la mirada sistémica, la recreación de una tradición indígena puede ser concebida de una manera más amplia, lo que puede traducirse en mejores oportunidades de las comunidades en el turismo.

2. De la patrimonialización a la turistificación: el caso del pueblo Sápara del Ecuador

El pueblo Sápara está conformado por una población de aproximadamente 1000 personas, de las cuales 200 tienen ascendencia étnica Sápara y solamente 5 hablan su lengua original. El resto de individuos tienen origen étnico Kichwa y Achuar o son mestizos. La población se encuentra dividida en 23 comunidades: las más pequeñas tienen una o dos familias, 14 personas aproximadamente; las medianas, un promedio de 8 familias, cerca de 50 personas; y la más grande, con 50 familias, alrededor de 300 personas. Las comunidades mantienen diferencias ideológicas que a veces pueden transformarse en manifestaciones violentas, que están relacionadas con la religión, el origen étnico, su relación con las petroleras y el poder sobre el territorio. No obstante, están reagrupadas, desde 2009, en una sola organización política, conocida como la Nacionalidad Sápara de Ecuador (NASE).

El pueblo indígena Sápara fue reconocido por la Unesco en 2001 como Obra Maestra del Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad y, en 2008, fue incluido en la lista representativa de este tipo de patrimonio. En 2009, de los dos pueblos indígenas de la selva amazónica que habían recibido un reconocimiento de la Unesco, el caso del pueblo Sápara era el único que registraba una actividad turística en su territorio³.

El territorio que habita el pueblo Sápara de Ecuador tiene una superficie de 370 000 hectáreas. Se encuentra en la Alta Amazonía, en la parroquia Río Tigre, provincia de Pastaza, delimitado por los ríos Conambo y Pindoyaku. Estos ríos nacen al oeste de este territorio y no son navegables en la mayor parte de su recorrido. La reunión de sus cursos da nacimiento al río Tigre, en la frontera con el Perú, al extremo este del territorio. El área es accesible únicamente por vía aérea, después de 45 minutos de vuelo desde la parroquia de Shell; la ruta más cercana se encuentra a 120 km de distancia (Figura 1).

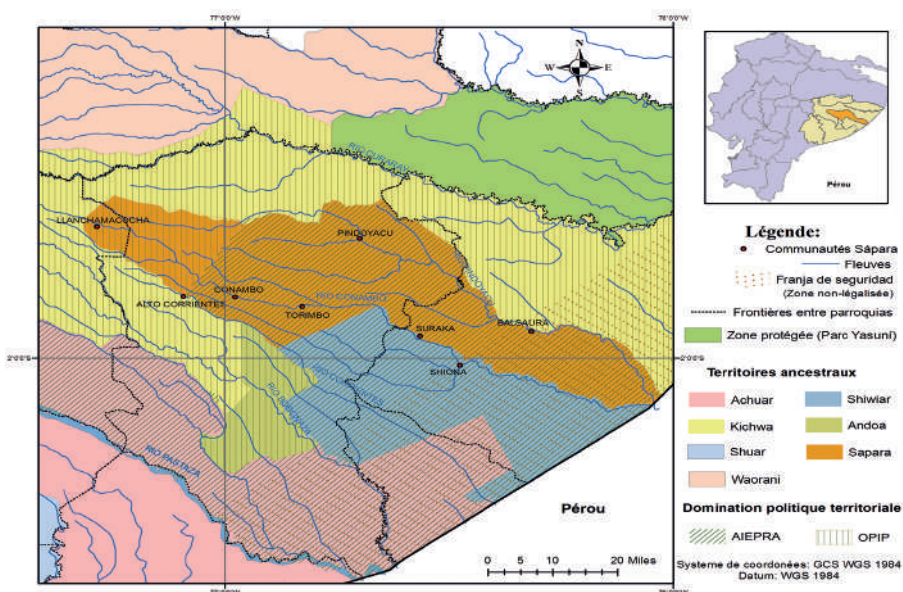
A pesar de este aislamiento, las incursiones de turistas en su territorio iniciaron a mediados de los años noventa y se intensificaron a inicios de los años dos mil, cuando el patrimonio oral y las manifestaciones culturales del pueblo Sápara fueron proclamados por la Unesco. Desde ese momento y sin considerar las dificultades para acceder, al menos dos pequeños grupos de entre tres y ocho personas, organizados

3 Solamente cuatro pueblos indígenas de la selva amazónica han logrado ser reconocidos por la Unesco como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad: los pueblos Enawene Nawe de Brasil y Yurupari de Colombia en 2011, y los pueblos Wajapi de Brasil y Sápara de Ecuador y Perú, que en 2001 fueron primero declarados Obras-Maestras del patrimonio Oral e Inmaterial de la Humanidad y, en 2008, incluidos finalmente en la lista representativa.

FIGURA 1.

Localización del territorio Sápara

Fuente: Mejía (2014).

**FIGURA 2.**

Primer encuentro entre turistas y habitantes de la comunidad de Wiririma, territorio Sápara

Fuente: fotografía del autor, 18 de octubre de 2010.

**FIGURA 3.**

Turistas descubren la gastronomía local con un plato compuesto por gusanos de palma asados y carne de caimán

Fuente: fotografía del autor, 22 de octubre de 2010.

y acompañados por una ONG francesa, aterrizan cada año en la pista de alguna comunidad y recorren el territorio Sápara (Figura 2), para descubrir la selva amazónica desde la realidad cultural de sus habitantes (Figura 3).

No obstante, para comprender el origen y el desarrollo de este proceso, es necesario referirse a la industria petrolera. En Amazonía ecuatoriana, esta industria se desarrolló en los años setenta provocando significativos impactos socioambientales. A diferencia de

otros territorios indígenas, el territorio Sápara fue explorado por las compañías petroleras, pero no fue explotado. Buscando frenar una nueva irrupción, los Sápara fundaron nuevas comunidades sobre las fronteras de su territorio y cerca de los pozos identificados por dichas compañías. No obstante, la vida en las comunidades planteó nuevos retos a los Sápara, relacionados en gran parte con la llegada de la escolarización, que impuso en ellas un modo de vida sedentario.

Cuando las escuelas empezaron a funcionar, las familias que tenían niños en edad de escolarización debían permanecer en las comunidades al menos durante ocho meses al año. Esto significó que la producción agrícola, la cacería, la pesca y la recolección, realizadas anteriormente de manera itinerante a lo largo del territorio, se hicieran, desde ese momento, casi exclusivamente, en los alrededores cercanos de los caseríos. Esta situación fue observada por Bilhaut (2007), quien señaló que a medida que pasaba el tiempo, y en respuesta a la presión que se ejercía sobre este espacio, la variedad y la disponibilidad de alimentos decrecían, lo que hacía, paralelamente, cada vez más difícil la transmisión de conocimientos y creencias.

Paradójicamente, el hecho de tener una escuela en una comunidad, además de que esta estuviera equipada con una pista de aterrizaje y una radio de telecomunicaciones, o al menos estuviera localizada cerca de otra comunidad equipada con estos, creó las condiciones básicas que permitieron la llegada de turistas. Frente a una actividad petrolera contaminante y perturbadora a nivel de la sociedad⁴, y a una actividad agropecuaria imposible por las

dificultades de llevar y comercializar la producción en los centros urbanos, el turismo fue concebido por los Sápara como la oportunidad de ganar, en algunos casos, por primera vez, un poco de dinero; pero también como un medio que permitía la conservación de su espacio de vida. Fue de esta manera que pequeños grupos de turistas comenzaron a recorrer su territorio.

En ausencia de un patrimonio cultural material, el territorio fue puesto en valor por los Sápara tanto como espacio natural, así como espacio cultural, a partir de la turistificación de sus tradiciones. Sin embargo, la entrada de tradiciones indígenas en el turismo y la evolución que esta actividad opera en ellas no es fácil de justificar, puesto que conlleva cuestionarse sobre su salvaguardia. La llegada de turistas a una comunidad que no contaba con servicios básicos, ni con gente formada en el turismo, ni con prácticas turísticas realmente establecidas, significó un gran impacto para los habitantes. Además de aceptar la presencia de extraños y su participación en la recreación de sus prácticas, se encontraban frente al riesgo de que esa intervención en su forma de vida transformara sus tradiciones

pueblos indígenas tomaban el agua. Hurtig y San Sebastián (2002) encontraron en comunidades indígenas pertenecientes a estos pueblos, aumento de casos de cáncer de estómago y de recto, en el caso de los hombres; de pelvis, en el de las mujeres; y de piel, en el caso de los niños. Esto se explica porque el petróleo en sí, contiene elementos tóxicos que, al no ser manipulados de manera correcta, producen cáncer: benceno, tolueno, metilbenceno y el xileno (BTEX); pero también porque la industria petrolera utiliza químicos que contienen metales pesados, como el cadmio y el bario, también considerados como peligrosos para la salud humana. Por otra parte, la construcción de carreteras y la llegada de colonos, provocó que miembros de pueblos indígenas se convirtieran en agricultores, ganaderos, comerciantes de carne y madera de la selva, o que se instalaran alrededor de los campos petroleros o a lo largo de las carreteras, dependiendo totalmente de las compañías extractivas. También provocó que miembros de los pueblos indígenas migaran a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida. Todo esto favoreció la desarticulación de las familias y de las sociedades locales.

4 En la década de los setenta, la industria petrolera se desarrolló en la parte norte de la Amazonía ecuatoriana. En este lugar, las compañías petroleras arrojaron los desechos resultantes de sus actividades en los ríos de los cuales los

con los no humanos y la interpretación que ellos hacen de sus sueños. En cuanto a la primera, los Sápara consideran los no humanos, es decir, algunos animales y plantas, como personas (Bilhaut, 2007). Para ellos, los humanos y los no humanos disponen de un capital común de vida, de manera que todo exceso cometido en contra de una especie de fauna o de flora se traduce, necesaria e instintivamente, en una disminución de su propia esperanza de vida. Lévi-Strauss (1955), quien observó una situación similar en pueblos indígenas de la Amazonía brasileña, propuso que, desde la manera como los pueblos indígenas se concebían y entendían las relaciones con los no humanos, los hombres, los animales y las plantas podían ser considerados como elementos de un mismo sistema.

En cuanto a la segunda característica, muchos aspectos de la vida de los Sápara están basados en la interpretación de los sueños, y entre ellos se encuentra la cacería. Es así como todo cazador Sápara es susceptible de convertirse en el protector de una especie específica de animal, si, durante su sueño, encuentra, inicialmente con apariencia de humano, a este animal, quien, en sueños posteriores, se le presentará como el amo o maestro de la especie animal a la que pertenece, solicitándole ser su amigo. Según Bilhaut (2007), la relación onírica que se establece entre el soñador y el amo o maestro supone una solidaridad mutua tan fuerte que lleva al cazador no solamente a comprometerse a no cazar ni comer animales de esa especie, sino también a acogerlos y cuidarlos para siempre. A cambio, el amo o maestro onírico abastecerá al cazador de suficientes presas de cacería, comunicándole en un plano onírico el momento, el lugar, la especie y el número de animales a matar o, al contrario, advirtiéndole del peligro de entrar en la selva, logrando así que se aleje de su hogar. Es así

como el sueño estructura la vida del cazador y, los resultados de la cacería, el hecho de matar animales para obtener el suficiente alimento para él y su familia, justifican las buenas relaciones mantenidas con su amigo onírico.

Estas características determinan el comportamiento de los Sápara; lo que permite explicar la experiencia no exitosa del grupo de turistas en la comunidad de Suraka. Es probable que, involuntariamente, la restricción que representa el mundo onírico de los Sápara para la turistificación de la tradición de la cacería impusiera una nueva situación beneficiosa para el turismo: “no es necesario matar los animales, solo deben observarse”; llevando a restar importancia a los sueños y a las relaciones mantenidas con los amigos oníricos, puesto que no tienen valor para el turismo, tratando más bien de dar un nuevo uso a los conocimientos y la experiencia de los cazadores dentro de un espacio que tiene las condiciones adecuadas para la conservación y observación de la fauna y la flora. De esta manera, matar animales a partir de la recreación de la cacería Sápara adquiere una connotación negativa.

Visto de manera superficial, el turismo se presenta como una actividad que favorece el desarrollo sostenible y permite salvaguardar el Patrimonio Cultural Inmaterial, puesto que genera ingresos económicos por primera vez para los locales, al mismo tiempo que los anima a conservar la fauna silvestre y pone en valor las técnicas y conocimientos acumulados y transmitidos durante milenios. No obstante, dejando de lado los sueños de cacería y las relaciones oníricas, el rol del turismo en este proceso propone una contradicción: esta actividad crea una distancia anteriormente inexistente entre humanos y no humanos. En efecto, el hecho de no matar animales no garantiza realmente evitar los

excesos cometidos contra una especie determinada de animal, sino, paradójicamente, favorecerlos, lo que finalmente se traduce en una disminución de la esperanza de vida para los hombres mismos⁵. Así las cosas, la recreación de tradiciones indígenas como la cacería Sápara en ecosistemas frágiles como la Amazonía no es perjudicial, sino indispensable⁶.

4. Espacialidad de la recreación de una tradición o cómo favorecer su utilización sostenible en el turismo

Según Lussault (2003), si la conceptualización del espacio, a partir de sus características y atributos nos lleva a reflexionar teóricamente sobre las diferentes maneras como las sociedades lo organizan y se organizan en él, el concepto de espacialidad permite tomar en cuenta las acciones de quienes, a partir de diversos recursos y competencias espaciales, producen tales efectos. Más allá de la descripción del aspecto espacial de un fenómeno en el sentido de su repartición geográfica o como el simple resultado del movimiento de la sociedad, la espacialidad es pensada como la manera en que ese fenómeno se despliega en el espacio. Es decir, el fenómeno no se reduce a su sola localización

ni a su relación con otras realidades sociales, más que eso y tomando en cuenta su genealogía y sus múltiples formas ideales y materiales, la espacialidad es la manera como los objetos de la sociedad se asocian y ajustan, evidenciando una disposición particular adecuada a los actos del individuo o individuos concernidos.

De esta manera, cada individuo posee una espacialidad propia y específica, construida en la acción y que articula disposiciones espaciales variadas en una disposición global, la cual manifiesta al mismo tiempo su habitar⁷ y constituye en tanto que configuración espacial estabilizada, interiorizada y vivida, su hábitat (Lussault, 2003). En el marco de este análisis, el espacio no es pensado como un contenedor neutro de funciones, ni como un bien comercial, ni como la superficie de proyección de las relaciones sociales, ni como un simple atributo de lo político, sino como una realidad construida en la acción espacial, que significa algo para alguien: para un actor⁸. Según Lussault (2003), al mismo tiempo que la autoriza, el espacio proviene de la espacialidad, y es por esto que se debe tratar desde el punto de vista de los actores que lo disponen: se desplazan en él, actúan e interactúan entre ellos y

5 Algunas investigaciones desarrolladas por antropólogos y etnobiólogos como Berlín (1992), Balée (1993), Alvard (1993), incluso por Lévi-Strauss (1967), muestran el valor ecológico de las tradiciones indígenas tanto en el plano de la conservación como en el enriquecimiento de la biodiversidad amazónica.

6 Existen también detractores del rol de los pueblos indígenas en la conservación de espacios frágiles. Redford (1991), por ejemplo, nos previene sobre evitar caer de la trampa ideológica del "buen salvaje ecológico". Según el autor, los conocimientos y las tradiciones de los pueblos indígenas de la Amazonia, pueden estar obsoletas e, incluso, ser peligrosas. Sin embargo, el autor señala que una situación así puede presentarse cuando los pueblos indígenas están muy expuestos a la presión del mercado, al crecimiento demográfico y al sedentarismo.

7 El habitar, según Stock (2004), lejos de significar el simple hecho de residir, representa la manera por la cual una sociedad se desarrolla, se realiza o se despliega en actos. Es así como el espacio, en este caso el territorio del pueblo Sápara, es apropiado, donde, el término "apropiado" se lee en dos sentidos: primero, que pertenece a alguien; y luego, que ese alguien, a partir de su espacialidad, lo adaptó o apropió a su manera de habitar (Brunet, 1991).

8 Según Lussault (2003), un actor es un actante provisto de una interioridad subjetiva, de una intencionalidad, de una capacidad estratégica autónoma y de una capacidad enunciativa para manifestar su conformidad o desacuerdo. Esto implica, para el autor, que se encuentre inscrito en el espacio como un objeto identificable y, eventualmente, identificador, ya que, dentro de un funcionamiento colectivo, está cargado de valores comunes en los cuales pueden reconocerse, potencialmente pero no sistemáticamente, otros individuos.

con otros actuantes, lo disputan, se afrontan, pero también disfrutan, viven y mueren.

Así las cosas, la espacialidad de la recreación de la tradición se transforma en un fenómeno complejo, al ser entendido como un proceso organizador que se da sobre un espacio ya constituido, para convertirlo en otro espacio de manera temporal. Acercarnos a la espacialidad de la recreación de la cacería Sápara, es entender que no se trata simplemente de abatir animales para satisfacer las necesidades alimentarias —como es frecuentemente concebido y juzgado por los turistas—. Esta tradición indígena representa uno de los grandes sistemas de gestión sostenible de la selva amazónica: es un sistema complejo, indivisible y dinámico, lo que le permite adaptarse a las condiciones siempre cambiantes del ambiente.

El hecho de pensar la recreación de esta tradición como un sistema permite concebirla como el proceso ordenado de puesta en relación de los elementos de ese sistema⁹: desarrollándose en continuidad tanto en el espacio como en el tiempo, es decir, en diferentes lugares y momentos, y no solo durante el abatimiento del animal; es un proceso que permite finalmente

considerar una participación más importante y sostenible del turismo en la recreación de esta tradición.

En efecto, como sistema, la cacería fue concebida o diseñada para cumplir una función: la de permitir la supervivencia física y cultural del pueblo Sápara. Para cumplir esta función, el sistema tiene necesidad de ciertos flujos de entrada, como los animales o presas de cacería, las plantas y la información; esta última representada por los conocimientos y saberes de los indígenas (Figura 5).

Los flujos de entrada son suministrados por el entorno o ambiente, con el cual, el sistema debe mantener buenas relaciones de reciprocidad¹⁰, y donde, según el principio de recursividad, la cacería como sistema se encuentra al mismo tiempo inmersa. Una vez al interior, los flujos de entrada son transformados en productos, servicios o información. Algunos de ellos serán retornados al entorno como flujos de salida. Cuando la calidad de esos flujos de salida corresponde a las expectativas y las capacidades del entorno, este los legaliza, es decir, considera que el sistema es viable y sostenible, por lo que le va a proveer una vez más materias primas (flujos de entrada), y así sucesivamente. Es por esta razón que no se puede considerar que el alimento obtenido del animal abatido represente el único flujo de salida del sistema, sino que se trata solamente de un producto, entre otros. En efecto, la manera por

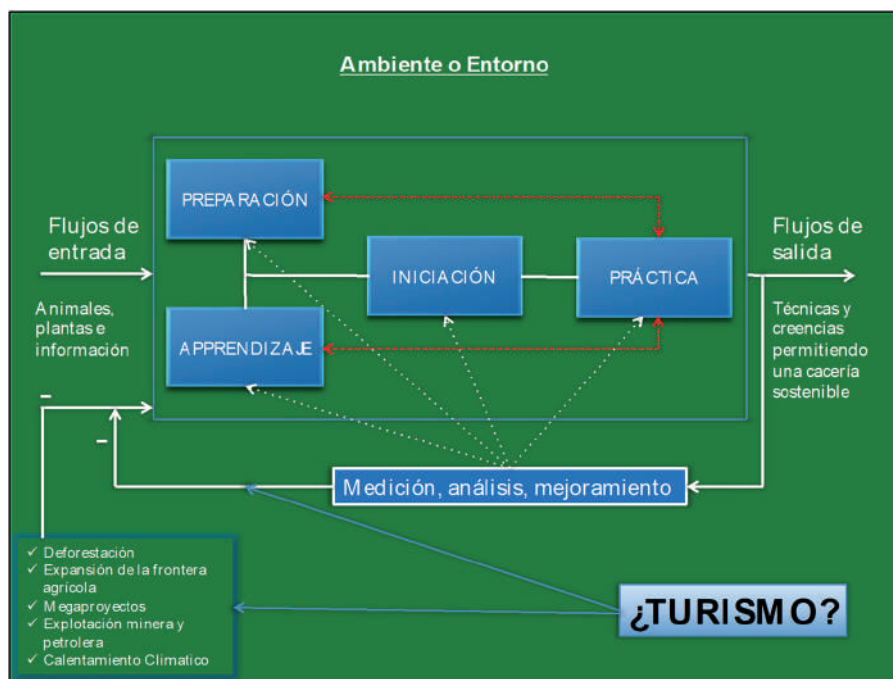
9 En la recreación de una tradición indígena, la puesta en relación de los elementos, responde a una reglamentación. Este conjunto de reglas, previamente establecido, es dinámico. A partir de su relación con el entorno, las reglas se actualizan y adaptan en continuidad, pero no se transforman. Estas reglas garantizan que se satisfagan las necesidades básicas de los habitantes de las comunidades, pero también otras necesidades más sutiles: mantener el equilibrio con el medio ambiente garantizando la cohesión de la sociedad local y su continuidad cultural como pueblo indígena, por ejemplo. La turistificación de una tradición indígena sugiere la necesidad u obligación de cuestionarse en cuanto a las reglas que deben imperativamente respetarse y aquellas que pueden ser objeto de una actualización o adaptación al entorno cambiante, o incluso, que pueden omitirse (Mejía, 2014). Es imperativo preguntarse ¿hasta qué punto se puede modificar su espacialidad, alejando su recreación de los lugares donde esta tenía lugar inicialmente, y cambiar sus actores iniciales (portadores) sin comprometer, a largo plazo, la conservación de sus territorios y su propia supervivencia física y cultural?

10 Según Lévi-Strauss (1967), el principio de reciprocidad consiste en dar (o devolver) a aquel que nos ha dado. De esta manera, la reciprocidad figura, dentro de esta moralidad, como la obligación de ofrecer una compensación por los regalos o las ventajas recibidas. Según Malinowski (1922), el intercambio y la reciprocidad no están relacionados con intereses inmediatos, sino con la moralidad y la confianza que exige la vida en sociedad. Partiendo de esta idea, la operación de intercambio que se da a partir de la reciprocidad, puede ser entendida, en nuestro caso, como una permutación reversible de objetos (bienes) y de servicios, entre los sujetos inmersos en el sistema y el entorno.

FIGURA 5.

La recreación de la tradición de la cacería como sistema

Fuente: Elaboración propia.



la cual se obtiene ese alimento es lo que representa verdaderamente el flujo de salida. Si esta manera de obtener el alimento es sostenible, el entorno suministrará nuevas materias primas al sistema.

Por otra parte, un sistema es definido como un conjunto de elementos o de procesos ligados los unos a los otros por relaciones de interdependencia. Al mismo tiempo, un proceso es definido como un encañamiento ordenado de actividades permitiendo obtener un producto (Johansen, 2004). Es así como en la recreación de la tradición de la cacería Sápara se identifican cuatro procesos: la preparación del cazador, su aprendizaje, su iniciación y la práctica en sí misma. Dentro de una comunidad indígena, estos pueden desarrollarse el uno después del otro, o de manera simultánea, es decir, dos a la vez, incluso, todos a la vez.

La preparación de un cazador (Figura 6) comienza en los primeros días de su nacimiento, con la ingestión de hojas de arbustos como el *Brunfelsia chiricaspí*

y *Maintenus krukori*, las cuales, según los Sápara, tienen ciertas propiedades que permiten ver mejor en lo profundo de la selva, hacer desaparecer los miedos o adquirir la fuerza necesaria a nivel de la garganta para utilizar la cerbatana (Bilhaut, 2007). Con el fin de que las propiedades de estas plantas entren de la manera adecuada en el cuerpo del futuro cazador, el padre de este sopla el humo de tabaco (*nicotina rustica*) sobre el cuerpo de su hijo y su madre se somete a una dieta de carne durante al menos seis meses, tiempo durante el cual evita mantener relaciones sexuales. A la edad promedio de cuatro años, el niño ingiere de nuevo las hojas de estas plantas. En general, la preparación como proceso busca poner al futuro cazador en un estado en el cual él esté listo y disponible para aprender a cazar. Entre el conjunto de actividades que permiten este proceso se encuentran las de localizar las plantas en lo profundo de la selva y recolectar sus hojas e ingerirlas (existe la posibilidad de que estas plantas se produzcan en sus jardines).

En cuanto a las principales actividades relacionadas con el proceso de aprendizaje, estas se desarrollan principalmente a la edad promedio de diez años, cuando el futuro cazador comienza a acompañar a su padre a los circuitos de cacería. Es con él que el niño aprende a caminar en la selva, evitando serpientes, identificando las presas adecuadas para ser abatidas, reconociendo todo tipo de plantas, animales e insectos que poseen diferentes virtudes, guardan significados espirituales o, incluso, sirven como referentes que alertan de la presencia de las presas o del camino que estas siguen.

Durante el aprendizaje el niño conoce igualmente las técnicas para fabricar armas, trampas y venenos de cacería, o, en el caso dado, aprende a obtenerlos de otros pueblos indígenas gracias a intercambios comerciales o tradicionales. Paralelamente, aprende a soñar, es decir, a interpretar los sueños de cacería. Es así como el aprendizaje, entendido como proceso, tiene como objetivo dotar al niño de las técnicas y conocimientos necesarios para cazar

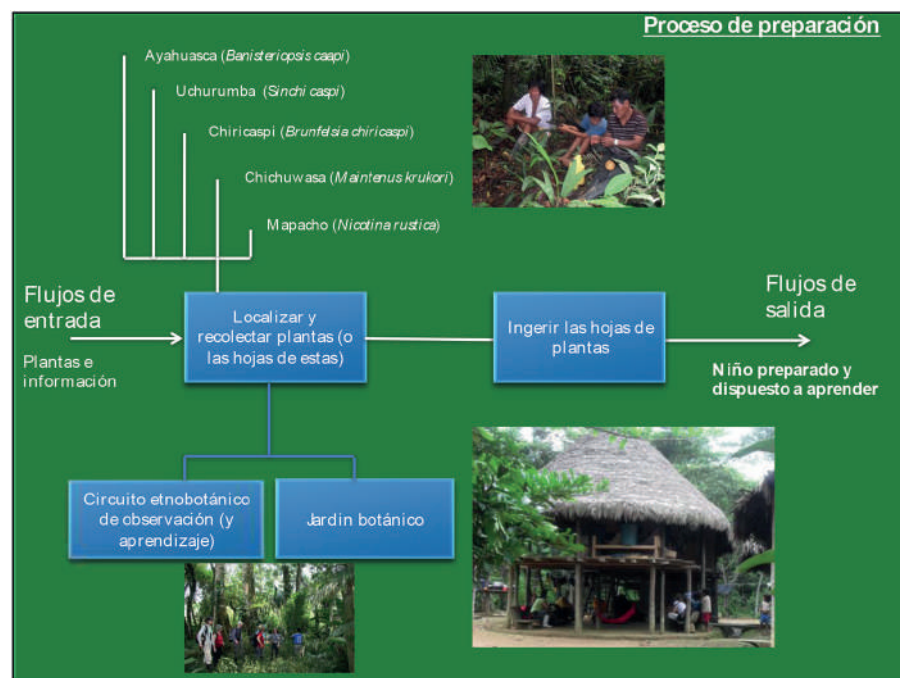
y para desarrollar una amistad sostenible con los maestros oníricos. El aprendizaje comporta así las actividades de formación concernientes a caminar en la selva, elaborar y maniobrar los objetos de cacería, interpretar los sueños y desarrollar relaciones con los maestros oníricos.

La iniciación, por su parte, es el ritual de paso de niño a adulto. Su objetivo como proceso es el de presentar a la sociedad un buen cazador, aquel que ha sido bien preparado, que ha aprendido de la mejor manera las técnicas de cacería y que puede mantener buenas relaciones con los maestros o amos de los animales, es decir, un individuo que está preparado para encontrar una mujer y crear una familia, garantizando así la sobrevivencia física y cultural del pueblo o grupo al cual pertenece. En cuanto a las actividades inmersas en este proceso, anteriormente cuando había chamanes, la iniciación incluía una toma de yagé (*Banisteriopsis caapi*); hoy, es el padre quien da de beber a su hijo jugo de tabaco y le impregna un poco en sus ojos (Bilhaut,

FIGURA 6.

Proceso de preparación

Fuente: Elaboración propia.



2007). Luego, el nuevo cazador se dirige, por primera vez y en solitario, a la selva profunda para cazar un animal. A su regreso, se organiza una fiesta con toda la comunidad para celebrar su victoria.

Finalmente, es en la práctica, entendida como proceso, donde, gracias a las buenas relaciones mantenidas con los maestros oníricos, se obtiene una presa. De esta manera, la práctica está conformada por las actividades de soñar, preparar los objetos de cacería, recorrer los circuitos y abatir al animal.

5. Conclusión

La mirada sistémica de la recreación de la tradición de la cacería Sápara muestra que cada actividad que se lleva a cabo en cada uno de los procesos se localiza en un lugar particular y, en la mayoría de los casos, en un momento diferente. Es en una gran parte de estas actividades y de lugares donde se encuentran las oportunidades de desarrollar el turismo de manera sostenible; puesto que son susceptibles de ser practicados por turistas sin intervenir, al menos, de manera violenta, en la tradición y en la forma de vida de las comunidades.

Sin embargo, es necesario recordar que todo sistema se enfrenta a una fuerza que busca su desorganización. Esta fuerza se llama entropía. En el caso de la recreación de la tradición de la cacería Sápara, la entropía corresponde a la presión del sistema económico capitalista, a la dependencia del dinero, al crecimiento descontrolado de la población y al sedentarismo, relacionados también con la deforestación, la expansión de la frontera agrícola, el desarrollo de megaproyectos, la explotación minera y petrolera y el calentamiento climático, o a todo aquello que implique el olvido (ver Figura 6). No obstante, gracias a un proceso de retroacción o de

feed-back, un sistema es capaz de corregir la desviación producida por la entropía. La energía que permite hacerlo se llama neguentropía y es en esta donde el turismo deberá estar inmerso si se quiere lograr la utilización sostenible de una tradición.

Para eso, el desarrollo turístico debe ser planificado con las comunidades, basándose no solamente en los límites del espacio físico en cuanto a su capacidad de reproducir en continuidad bienes y servicios, sino también y sobre todo en la capacidad de la comunidad local para resistir al señuelo del turismo y sus impactos. Se trata de un turismo sostenible, planificado, que permita minimizar violaciones que podrían afectar a los cimientos mismos de su desarrollo, tales como la degradación de los ecosistemas y del patrimonio cultural o la ruptura de las tradiciones y estilos de vida, para dar entrada a servicios e infraestructura turística. El desarrollo del turismo sostenible en la Amazonía debe ser concebido como un desarrollo estático a nivel del espacio; la valoración consciente y responsable de los recursos del patrimonio cultural inmaterial se presenta como una herramienta importante para satisfacer las expectativas de los turistas.

Las comunidades deben formarse para acoger turistas, pero también deben sensibilizarse sobre los riesgos que el desarrollo de esta actividad implica frente a la importancia y fragilidad de sus tradiciones. De esta manera, las comunidades podrían escoger y establecer las actividades, los lugares y los periodos más pertinentes para permitir la participación de turistas. Es cierto que siempre existirá el riesgo de que la cotidianidad de las comunidades sea reinventada para satisfacer las necesidades de estos, no obstante, no se debe olvidar que la cacería no es más que una entre muchas otras tradiciones que están en constante recreación en las comunidades

y territorios de pueblos indígenas. Esto permite de alguna manera pensar que es posible minimizar la probabilidad de perder las tradiciones en su conjunto, sin olvidar que sus aspectos culturales contemporáneos no son para nada menos atractivos que los tradicionales. Tal como lo proponen Lanfant,

Allcock y Bruner (1995), visto desde el interior de las comunidades, el turismo representa modernidad y cambio, pero, desde el exterior, es decir, desde la mirada del turista (Urry, 2002), la realidad de las comunidades indígenas es vista como exótica, primitiva e inmutable.



Referencias

- Alvard, M. (1993). Testing the “ecologically noble savage” hypothesis: Interspecific prey choice by Piro hunters of Amazonian Peru. *Human Ecology*, 21(4), 335-387. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00891140>
- Balée, W (1993). Indigenous Transformations of Amazonien Forest: An exemple of Maranhão, Brazil. *L’homme*, 33(126), 231-254.
- Berlin, B. (1992). *Ethnobiological classification: principles of categorization of plants and animals in traditional societies*. Princeton, N.J.: Princeton University Press. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/j.ctt7ztq5q>
- Billhaut, A. G. (2007). *Le réveil de l’immatériel. La production du patrimoine onirique des Indiens Sápara (Haute Amazonie)* (tesis de doctorado). Université Paris X Nanterre, Narrante, Francia. Recuperado de <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/139935>
- Brunet, R. (1991). *Le territoire dans les turbulences*. Montpellier: Geographiques Reclus.
- Chambers, E. (2010). *Native Tours: The anthropology of travel and tourism*. Long Grove, IL: Waveland.
- Hurtig, A. K. y San Sebastián, M. (2002). Geographical differences in cancer incidence in the Amazon basin of Ecuador in relation to residence near oil fields. *International Journal of Epidemiology*, 31(5), 1021-1027. doi: 10.1093/ije/31.5.1021
- Johansen, O. (2004). *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. México: Limusa.
- Lanfant, M. F., Allcock, J. y Bruner, E. (1995). Preface. En M. F. Lanfant, J. Allcock y E. Bruner. (Ed.), *International Tourism. Identity and change*. London: SAGE.
- Lévi-Strauss, C. (1955). *Tristes Tropiques*. Paris: Plon.
- Lévi-Strauss, C. (1967). *Las estructuras elementales del parentesco*. Barcelona: Paidós.
- Lussault, M. (2003). Spatialité. En J. Lévy y M. Lussault, *Dictionnaire de la géographie et de l’espace des sociétés* (pp. 866-868). Paris: Belin.
- Malinowski, B. (1922). *Argonauts of the Western Pacific. An account of native enterprise and adventure in the Archipelagoes of Melanesian New Guinea*. Londres: Routledge.
- Mejía, V. (2014). *Les problématiques et les enjeux de la mise en tourisme du patrimoine culturel immatériel: l’exemple du peuple indigène Sápara d’Équateur* (tesis de doctorado). Universidad de Angers, Angers, Francia. Recuperado de <http://www.theses.fr/s50152>
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris: Seuil.
- Redford, K. H. (1991). The ecologically noble savage. *Cultural Survival Quarterly*, 15,(1) 46-48. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/247848843_The_Ecologically_Noble_Savage
- Santos, M. (1986). Espacio y Método. *Geo Crítica*, 12(65). Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/geo65.htm>
- Stock, M. (2004). L’habiter comme pratique des lieux géographiques. Recuperado de <http://www.espacestems.net/articles/habiter-comme-pratique-des-lieux-geographiques/>
- Urry, J. (2002). *The Tourist Gaze*. London: SAGE.
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General System theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.



Evaluación de la dimensión operativa del transporte colectivo en el área metropolitana de Mendoza, Argentina





EVALUATION OF THE OPERATIONAL DIMENSION OF COLLECTIVE TRANSPORT IN THE METROPOLITAN AREA OF MENDOZA, ARGENTINA


AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO OPERACIONAL DO TRANSPORTE COLETIVO NA ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA, ARGENTINA

MARÍA EMILIA García Schilardi¹

Para citar este artículo: García Schilardi, M. E. (2017). Evaluación de la dimensión operativa del transporte colectivo en el área metropolitana de Mendoza, Argentina. *Perspectiva Geográfica*, 22(2), 29-46. doi: 10.19053/01233769.5965

 **Recepción:**
31 de marzo de 2017

 **Evaluación:**
10 de octubre de 2017

 **Aprobación:**
30 de octubre de 2017

Resumen

Los modelos de movilidad urbana sustentable se tornan claves en el desarrollo de las sociedades y ciudades modernas. Estos tienen como premisas privilegiar los modos colectivos de transporte y aquellos no motorizados, optimizando el uso del espacio urbano, el consumo de recursos naturales y el impacto sobre el ambiente. En este marco, este trabajo tiene como objetivo evaluar la eficacia de la dimensión operativa del servicio de transporte colectivo en el área metropolitana de Mendoza (AMM). De esta manera, se detecta si el modelo de movilidad de dicho territorio tiende a ser sostenible. Para dicha evaluación, se utilizan variables e indicadores a los que se les asignan valores y se comparan

¹ Licenciada en Economía. Diplomada en Gestión y Control de Políticas Públicas (FLACSO Argentina), Magister en Economía Urbana (Universidad Torcuato Di Tella), Magister en Ordenamiento Territorial (Universidad Nacional de Cuyo). Doctora en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Universidad Nacional de Cuyo). maria-emilia-garcia@hotmail.com

con parámetros encontrados en la literatura. Se concluye que en el AMM el sistema de transporte colectivo no se comporta óptimamente, por lo que no promueve las características deseables para la sustentabilidad.

Palabras clave: *eficacia, indicadores, movilidad urbana sustentable, transporte colectivo.*

Abstract

Sustainable urban mobility models become a key component to the development of modern societies and cities. These have as premises to privilege massive services and non-motorized transports, optimizing the use of urban space, the consumption of natural resources and the negative impact on the environment. This work is developed within the framework of the sustainable urban mobility approach; it aims at assessing the effectiveness of the operative system of the massive transport of the Mendoza metropolitan area. In this way, it will be possible to know if the mobility model of the AMM tends to be sustainable. For this evaluation, there are used variables and indicators. As a result, it is detected that in the AMM the collective transport system does not behave optimally so it does not promote desirable characteristics for sustainability.

Keywords: *efficiency, indicators, massive transport, sustainable urban mobility.*

Resumo

Os modelos de mobilidade urbana sustentável tornam-se chaves no desenvolvimento das sociedades y cidades modernas. Estes têm como premissas privilegiar os modos coletivos de transporte e aqueles não motorizados, otimizando o uso do espaço urbano, o consumo de recursos naturais y o impacto sobre o ambiente. Neste este marco, este trabalho tem como objetivo avaliar a eficácia da dimensão operativa do serviço de transporte coletivo na área metropolitana de Mendoza (AMM). De esta maneira, revela-se o modelo de mobilidade de dito território tende a ser sustentável. Para dita avaliação, utilizam-se variáveis e indicadores aos quais os valores são atribuídos e se comparam com parâmetros achados na literatura. Se conclui que no AMM o sistema de transporte coletivo não se comporta otimamente, pelo que no promove as características desejáveis para a sustentabilidade.

Palavras chave: *eficácia, indicadores, mobilidade urbana sustentável, transporte coletivo.*

1. Introducción

Desde la década del noventa, se desarrollan fuertes procesos de urbanización a escala mundial. Son las ciudades los ámbitos en donde las personas residen y (re)producen su vida cotidiana, llevan adelante las actividades más dinámicas de la economía y, a su vez, son el espacio geográfico con más fuertes impactos ambientales negativos. El crecimiento explosivo, continuo y desorganizado de las ciudades tiene efectos desfavorables que afectan la calidad de vida de las personas que residen en ellas. Los territorios urbanos se detectan como espacios dispersos aunque con gran concentración de actividades en el núcleo central, con profundos procesos de fragmentación social y segregación espacial, basados en la utilización de modos de transporte motorizados y privados. Bajo estas condiciones, un modelo de movilidad sustentable se torna clave en el desarrollo de las sociedades y ciudades modernas.

La movilidad resulta un buen reflejo de la dinámica territorial, ya que una de las principales necesidades en las áreas urbanas es el traslado de las personas. Adquiere así gran importancia la búsqueda de una movilidad urbana sostenible, enfoque que está ligado en su base conceptual con el paradigma del desarrollo sostenible. Este tiene como premisas privilegiar los modos colectivos de transporte y aquellos no motorizados, optimizando el uso del espacio urbano, el consumo de recursos naturales y el impacto sobre el ambiente. De esta manera, el transporte colectivo de pasajeros se configura como un elemento clave para el desarrollo sostenible de las ciudades y sociedades modernas.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la eficacia de la dimensión operativa del servicio de transporte colectivo del área metropolitana de Mendoza (en adelante, AMM). Esto implica analizar si esta presenta las capacidades y condiciones materiales para asegurar el

traslado de los usuarios del servicio. Es decir, si existen los componentes operativos básicos para su adecuado funcionamiento. De esta manera, en caso de que resultara eficaz se puede afirmar que el transporte colectivo opera adecuadamente y contribuye así a que la movilidad sea sostenible. Se podrá, entonces, conocer si el transporte colectivo del AMM presenta estas características que resultan aportes fundamentales para que el modelo de movilidad se encamine hacia la sostenibilidad. Para dicha evaluación se utilizan variables e indicadores a los que se les asignan valores y se comparan con parámetros encontrados en la literatura. Se propone como hipótesis que el servicio de transporte colectivo del AMM no opera eficazmente.

2. Marco teórico

El modelo de ciudad coherente con el paradigma de desarrollo sostenible en el ámbito urbano es la ciudad compacta. El mismo se sustenta en un modelo de movilidad basado en la integración de modos, en el uso de transportes colectivos y no motorizados. Estas características de la movilidad se recopilan, junto con otras, en lo que se llama la movilidad urbana sostenible, definida por la Carta de Aalborg (1994) como la mejora en la accesibilidad y el bienestar, priorizando el transporte público y los modos de transporte no motorizados. Es decir, la movilidad urbana sostenible es aquella que se promueve en las ciudades compactas y es a la vez la que facilita que la ciudad alcance dicho modelo.

Este enfoque de movilidad, al igual que el modelo de ciudad compacta, promueve la disminución del consumo energético y la reducción de emisiones contaminantes, a la vez que se considera como un elemento de lucha contra las desigualdades sociales. Este enfoque se visualiza en la Agenda

21 de la Cumbre de la ONU en 2002, en donde se promueve el transporte sustentable. Una caracterización de movilidad sustentable que compila los puntos coincidentes de varios autores es propuesta por Acevedo y Bocarejo (2009). Ellos plantean que

Los estudios y los planes sobre movilidad no se limitan únicamente al desarrollo de sistemas que minimicen los tiempos y costos de desplazamientos de personas y mercancías, sino también analizan su contribución al desarrollo social, al uso racional de bienes escasos (como la energía y el espacio urbano) y a los impactos sobre el medio ambiente (p. 72).

A su vez, este enfoque promueve la coordinación entre la estructura territorial urbana y la movilidad (Monzón de Cáceres y De La Hoz Sánchez, 2009), encontrándose las primeras expresiones en los planes de movilidad urbana europeos. Estos surgen como respuesta a fenómenos urbanos de congestión, contaminación, expansión urbana irregular, explosión demográfica, baja calidad del espacio urbano, uso irracional del automóvil particular. Todos efectos del crecimiento urbano acelerado.

En coincidencia con los autores referidos, el Banco Interamericano de Desarrollo propone una estrategia de movilidad sostenible que implica evitar viajes, cambiar los viajes existentes a modos más sostenibles y mejorar su eficiencia. En esta línea de pensamiento Pozueta (2000), postula que

Es un lugar común entre los expertos en transporte y urbanismo, que la demanda de movilidad es, en gran medida, consecuencia de los modelos de organización espacial que adoptan las sociedades. También, es un lugar común la posición inversa, es decir, que los modelos de organización espacial dependen del desarrollo de medios de transporte que faciliten la movilidad (p. 30).

Johnson (2003), por su parte, agrega que investigaciones sobre la conexión entre el transporte y los usos del suelo sugieren que se puede incrementar el uso del transporte colectivo a través de la planificación de la utilización del suelo orientada a este servicio.

El sistema de transporte colectivo juega un papel fundamental en el desarrollo de las ciudades, en su estructuración y en su dinámica. Es un elemento clave en los procesos de ordenamiento del territorio urbano. Según Salado García, Díaz Muñoz, Bosque Sendra, Carvalho Cantergiani, Rojas Quezada, Jiménez Gigante, Barnetti, Fernández, Muñoz Rueda, (2002) “los conceptos de movilidad y transporte sostenibles se sitúan, por supuesto, en el núcleo de la investigación sobre la sostenibilidad urbana, como elementos fundamentales que son de la estructura y funcionamiento de las ciudades” (p. 1778). Por estas razones, se cree que su estudio es de gran interés y necesidad para la sociedad, para promover una movilidad urbana sostenible y así el desarrollo sustentable de las ciudades.

3. Marco metodológico

La eficacia del sistema de transporte hace referencia a la capacidad de un sistema para alcanzar sus objetivos. El principal objetivo del sistema de transporte colectivo es el traslado de personas entre los lugares donde se realizan las actividades urbanas, fomentando la integración territorial. Para evaluar la eficacia de la dimensión operativa del transporte colectivo en el AMM se analiza su sistema operacional a través de variables e indicadores.

Los sistemas de indicadores referidos exclusivamente a la movilidad y al transporte se pueden consultar en diversas fuentes. Entre las revisiones

más interesantes se encuentra las de Litman (2005), Sustainable Mobility Measures and Assessment [SUMMA] (2005), Molinero y Sánchez Arellano (2005), Gudmundsson (2001, 2003), Gilbert, Irwin, Hollingworth y Blais (2002), Salado García *et al.* (2002) y Nunes Da Silva (2001). Otros trabajos han adoptado el enfoque de presión-estado-resultado, entre ellos el de Urbano, Ruiz Rúa y Sánchez Gutiérrez (2011) y el de la Alcaldía de Medellín (2006). Finalmente, se encuentra basta bibliografía en la que el sistema de indicadores se integra en un sistema de información geográfica (Díaz Muñoz

y Jiménez Gigante, 2007; Hernández y Witter, 2011). En este trabajo se consideran las variables e indicadores propuestas por Molinero y Sánchez Arellano (2005) (Tabla 1). Esta metodología no se encuentra aplicada a un caso de estudio, sino que es una propuesta teórica metodológica que se estima conveniente, por la información disponible en el área metropolitana de Mendoza para el caso en análisis.

A las dos primeras variables se le asignaron a cada una cinco indicadores, ya que representan aspectos más amplios del sistema de transporte colectivo. Las

TABLA 1. VARIABLES E INDICADORES PARA EVALUAR LA DIMENSIÓN OPERATIVA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO

VARIABLE	INDICADOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN
Estructura física de las rutas y de la red	Tipo de rutas óptimo	Sí	0,05
		No	0
	Jerarquización de recorridos	Sí	0,05
		No	0
	Densidad red vial	Suficiente	0,05
		Insuficiente	0
Índice de Engel	Red vial no saturada	0,05	
	Red vial saturada	0	
Diseño red según estructura urbana	Sí	0,05	
	No	0	
Infraestructura y equipamiento	Antigüedad parque móvil	Adecuada	0,05
		Inadecuada	0
	Capacidad de los vehículos	Adecuada	0,05
		Inadecuada	0
	Capacidad garajes	Adecuada	0,05
		Inadecuada	0
	Información al usuario	Adecuada	0,05
		Inadecuada	0
Paradores	Presencia	0,05	
	Ausencia	0	
Cobertura del área de transporte	Cobertura del área de transporte	Adecuada	0,25
		Inadecuada	0
Tiempo de viaje y frecuencias	Tiempo de viaje y frecuencias	Adecuada	0,25
		Inadecuada	0
Nivel de eficacia del sistema de transporte	Nivel de eficacia del sistema de transporte	Adecuado	[0,75 ; 1]
		Inadecuado	(0 ; 0,75)

Fuente: Elaboración propia con base en Molinero y Sánchez Arellano (2005).

dos últimas variables al ser operativas se analizan como si ellas mismas operaran como indicadores. No obstante, esta diferencia, las cuatro variables tienen la misma importancia y son ponderadas en un 25%. Los indicadores que explican cada variable asumen la misma relevancia y por tanto la misma participación. El intervalo en el que el sistema operativo del transporte colectivo se estima eficaz es el de $[0,75; 1]$, es decir, se deben dar el 75% o más de las características deseables para asegurar la eficacia del servicio.

4. Área de estudio

El área de estudio es el AMM, ubicada en el centro norte de la provincia de Mendoza, Argentina. Se

divide administrativamente en seis departamentos y el servicio de transporte colectivo que en ella se desarrolla es regulado por el gobierno provincial. Dicho servicio se compone de tres modos: autobuses, trolebuses y tranvía.

5. Evaluación de la dimensión operativa del transporte colectivo

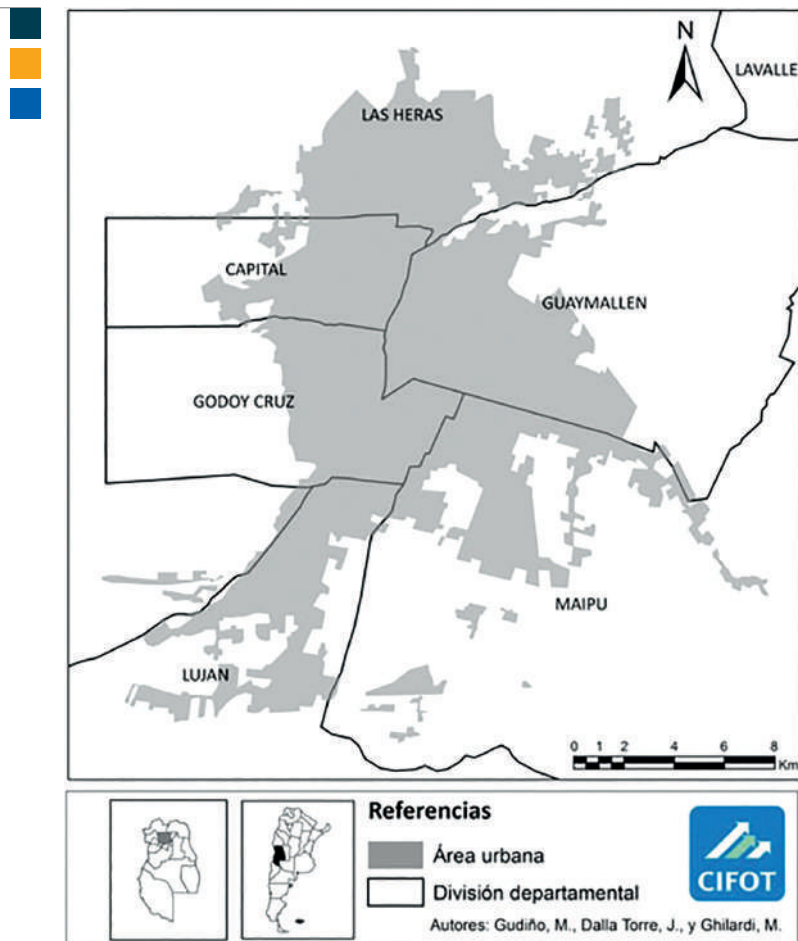
5.1. Variable: estructura física de las rutas y de la red

Una red de transporte es una malla de rutas de transporte integradas, que permite el flujo de pasajeros desde su lugar de origen y hacia su lugar de destino.

FIGURA 1.

Área metropolitana de Mendoza

Fuente: Instituto CIFOT (2015).



5.1.1. Indicador: tipo de rutas

En la estructura de la red de recorridos se pueden distinguir cuatro tipos fundamentales de rutas: radial, diametrales, tangenciales y circulares. El tipo de rutas adecuado para un sistema urbano se relaciona principalmente con la cantidad de población que reside en este. En el área bajo estudio, la estructura física de la red de recorridos es predominantemente radial (casi 60%), con algunos recorridos diametrales (25%) y otros circulares o tangenciales (15%) (Figura 2). En la mayoría de los casos, para viajar desde un extremo hacia otro de la ciudad se debe hacer trasbordo en el núcleo principal de actividad. Si bien los trasbordos se facilitan en tanto que no debe abonarse nuevamente la tarifa, desde que se deja un vehículo se cuenta con una hora reloj para abordar otra unidad, cualquiera sea el modo; resultan inconvenientes en tanto que el sistema no cuenta con estaciones de transferencia, por lo que el cambio de recorrido implica también el cambio de estación. Esto último tiene un costo alto en tiempo, dado que el centro de actividades se encuentra congestionado, sobre todo en las horas pico.

Este tipo de ruta radial es común en las ciudades pequeñas y medias, ya que la mayor parte de los viajes están canalizados en un único centro de actividad, generador de viajes (cuando las ciudades son grandes generalmente se componen de varios de estos centros, por lo que el tipo de rutas recomendado depende de esta estructura urbana). Según Molinero y Sánchez Arellano (2005), para un nivel de población mayor a 300 000 habitantes este tipo de ruta es ineficiente, ya que concentra las actividades en dicho núcleo y no se consideran las necesidades de otras áreas urbanas periféricas. Esto induce a que se concentre el servicio en las zonas de mayor densidad y por lo tanto que se limite el mismo en ciertas áreas de la ciudad. El AMM tiene una población de 990 153 habitantes, por lo que la estructura física radial de las rutas no es la más conveniente para el desarrollo equitativo de toda el área. Sería más adecuado para lograr la eficacia de la red que esta contara con mayor cantidad de rutas diametrales y circulares.

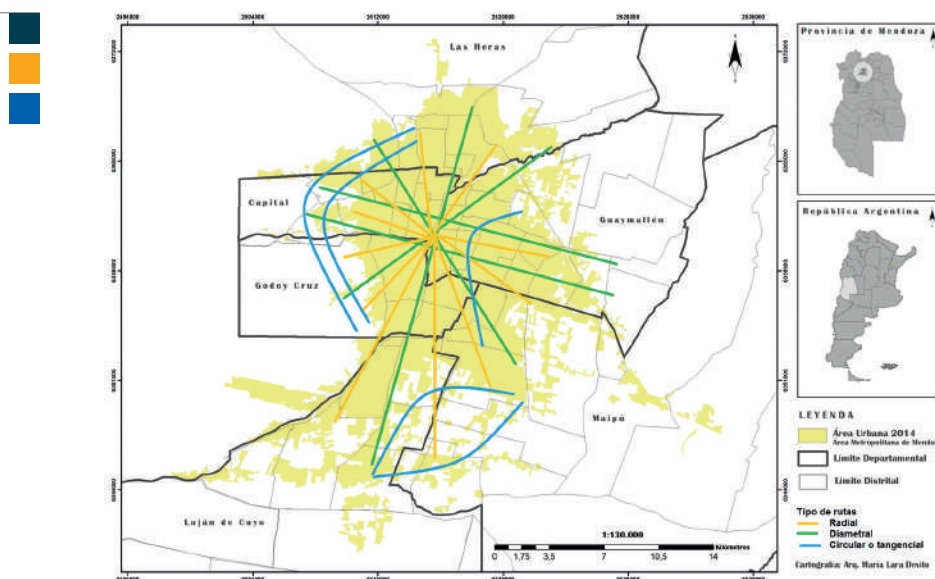
5.1.2. Indicador: jerarquización de los recorridos

Considerando la coordinación y jerarquización de los recorridos, se pueden diferenciar tres tipos de rutas: troncales, ramales y alimentadoras. Se entiende como

FIGURA 2.

Estructura física de la red de recorridos

Fuente: *Elaboración propia.*



ruta troncal aquella que funciona como recorrido principal, opera sobre corredores con gran tráfico de pasajeros y usualmente requiere de vehículos de gran capacidad para prestar el servicio. A este tipo de ruta se le integran los recorridos ramales que utilizan el mismo modo de transporte, circulan por tramos con volúmenes altos de tráfico, y se articulan con el troncal sin necesidad de realizar trasbordos. Los recorridos alimentadores cubren áreas aledañas al recorrido troncal o ramal, estas tienen volúmenes de pasajeros bajos y acercan al usuario al punto de transferencia con la ruta principal. El objetivo de determinar si existe o no jerarquización de recorridos es evaluar si la red está articulada y si favorece la multimodalidad, ambas características de gran relevancia para la operación eficaz de la red.

El sistema de recorridos del AMM no presenta una red adecuadamente jerarquizada ni coordinada. La red de recorridos de autobuses y trolebuses se estableció en el año 1991 sin criterios de coordinación entre ellos. El tranvía comenzó a operar en el año 2012 recorriendo las vías del antiguo ferrocarril. Es decir, entre los modos de transporte que operan en el AMM no media ninguna organización ni articulación, por lo que la red de recorridos del sistema

de transporte colectivo se encuentra desarticulada, descoordinada y no jerarquizada, lo cual implica una ineficacia en la operación del servicio.

5.1.3. Indicador: densidad de la red vial e índice de Engel

La red de transporte tiene como eje estructurador a la trama vial. Un modo de evaluar la red vial existente y su pertinencia para la operación eficaz del transporte colectivo es a través de dos indicadores: densidad de la red vial e índice de Engel. El primero da cuenta de la infraestructura vial con la que cuenta cada área y, en consecuencia, muestra el grado de articulación del territorio. El segundo permite identificar la capacidad que tiene la red vial para garantizar los servicios de transporte, considerando la población y la superficie de cada unidad territorial analizada (Gobierno del Estado de Morelos, 2007).

Para el AMM, tanto para el indicador de densidad de la red vial como para el índice de Engel, los criterios para determinar los intervalos son semejantes a los utilizados por Martínez (2012) para el caso de Caracas, Venezuela. En promedio, el AMM tiene una densidad vial suficiente, es decir, es un territorio que se encuentra conectado vialmente (Tabla 2). A

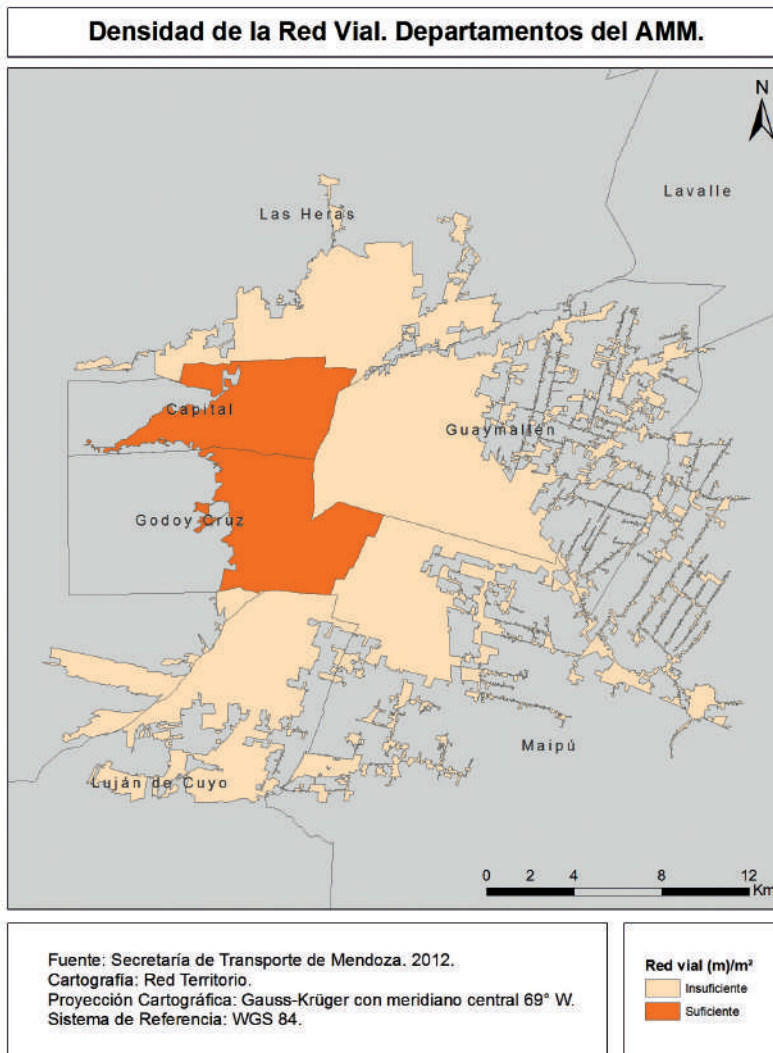
TABLA 2. DENSIDAD DE LA RED VIAL

DEPARTAMENTOS DEL AMM	DENSIDAD DE LA RED VIAL (KM/KM ²)	
Capital	14,05	
Godoy Cruz	16,95	
Guaymallén	12,33	
Las Heras	11,74	
Luján de Cuyo	11,72	
Maipú	12,777	
Promedio AMM	13,26	
Intervalos	Suficiente	(13 ; 20]
	Insuficiente	(10 ; 13]

Fuente: Elaboración propia en base a información de Instituto CIFOT (2015).

FIGURA 3.

Densidad de la red vial

Fuente: *Elaboración propia.*

partir de este indicador, se puede inferir el nivel de desarrollo de la estructura vial, asociando un mayor desarrollo a las áreas con más kilómetros de vías (Martínez, 2012). El AMM, entonces, presenta un desarrollo de la estructura vial adecuado, es decir, tiene un nivel de conexión vial adecuado.

El índice de Engel es una medida más refinada que la densidad vial, ya que incluye en su estimación el tamaño variable de los municipios y de la población. Su fórmula de cálculo es:

$$\text{Índice de Engel} = \left[\frac{\text{longitud red vial por departamento (km)}}{\sqrt{\text{superficie por departamento (km}^2\text{)} * \text{población por departamento}}} \right] * 100$$

Este indicador permite detectar la facilidad de circulación de personas e intercambio de bienes y servicios. A mayores valores, mayor es la eficiencia vial y menor es la saturación vial. El AMM presenta en promedio una red vial saturada, es decir, insuficiente, por lo que no se garantiza una adecuada oferta de infraestructura vial para el número de habitantes esta (Tabla 3).

5.1.4. Indicador: diseño de la red según estructura urbana

Para que la estructura física de la red de transporte sea eficaz, requiere planificación y diseño según

TABLA 3. DENSIDAD DE LA RED VIAL

DEPARTAMENTOS DEL AMM	ÍNDICE DE ENGEL	
Capital	22,89	
Godoy Cruz	22,95	
Guaymallén	21,72	
Las Heras	20,72	
Luján de Cuyo	25,47	
Maipú	27,50	
Promedio AMM	23,54	

Intervalos	Red vial muy saturada	(20, 21]
	Insuficiente	(1, 24]
	Red vial no saturada	(24, 28)

Fuente: Elaboración propia en base a información de Instituto CIFOT (2015).

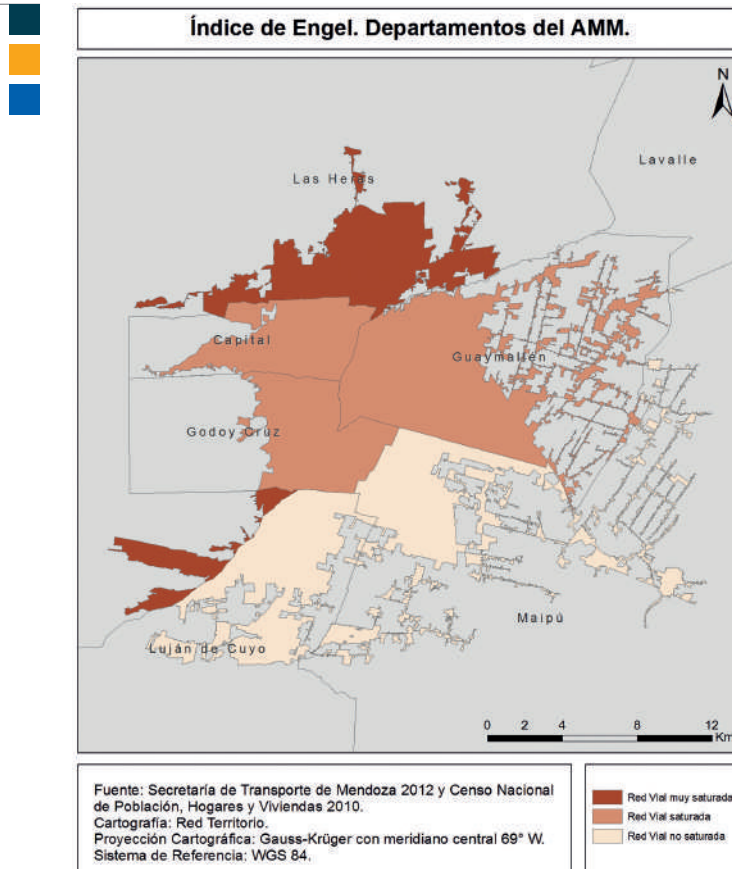
el patrón de viajes reales y potenciales, que es producto de la estructura urbana. Es decir, esta eficacia se logra si el sistema operativo se determina en función de la demanda de dicho modo (tanto la

demanda existente o declarada, como la potencial). Esta requiere estar adecuadamente determinada de manera tal que refleje las características del territorio (usos del suelo; distribución de la población y sus

FIGURA 4.

Índice de Engel

Fuente: Elaboración propia.



cualidades socioeconómicas y físico-naturales como pendientes, áreas de riesgos aluvionales o sísmicos; estado de la viabilidad; y distribución espacial de los grandes equipamientos y centros de gravedad) y las necesidades de traslado de sus habitantes. Sin embargo, esta demanda requiere estar apropiadamente determinada. Por lo general, esta se percibe a partir de las encuestas de origen y destino que solamente dan cuenta de la demanda real, dejando sin considerar la demanda potencial. En este marco, es importante considerar que

El hecho de que los gobiernos actúen una vez que la demanda ya fue creada y no anteriormente a que los procesos de expansión territorial se encuentren iniciados, conlleva que se reduzca la capacidad de ordenamiento y resulta en una provisión de infraestructura y transporte incompleta, poco equilibrada o ineficiente en términos de conectividad y cobertura. (Anapolsky y Pereyra, 2012, p. 63)

Es decir que el diseño de la red según la estructura urbana, o la demanda potencial, es una condición de gran importancia para que los sistemas de transporte colectivo operen eficientemente.

Este fenómeno se presenta en el área en estudio. En el AMM la red del servicio se establece teniendo en cuenta, únicamente, las características de demanda real relevadas en la encuesta de origen y destino, por lo que se dejan de lado aspectos de fundamental importancia relativos a los viajes que no se realizan pero que serían deseables que ocurrieran. A esto se le suma que el principal insumo para la planificación ha sido la encuesta de origen y destino del año 1991, no modificándose de base el sistema operativo desde ese momento. Es decir, no se han considerado posibles cambios estructurales producidos en la demanda real a lo largo del tiempo. Estas deficiencias en el diseño de la red según la estructura urbana se

deben a la falta de consideración de las encuestas de origen y destino de los años 2005 y 2010 y a la ausencia de trabajo cooperativo entre el organismo planificador del servicio y organismos responsables de catastro, de manejo de información estadística y de ordenamiento territorial.

5.2. Variable: infraestructura y equipamiento del sistema de transporte

5.2.1. Indicador: antigüedad del parque móvil

Hace referencia a la cantidad de años que llevan en operación las unidades móviles. Este indicador da una idea de la calidad y seguridad del servicio, en tanto que vehículos más nuevos aseguran menores emisiones contaminantes y menores ruidos, mayor comodidad en el traslado y menor probabilidad de accidentes por fallas y desperfectos técnicos.

En el AMM el servicio de transporte colectivo es prestado por ómnibus, trolebuses y metro tranvía. La antigüedad promedio de los ómnibus, según los últimos pliegos de licitación, no puede superar los cinco años. Esto se cumple para la mayoría de las empresas prestatarias. Dicha restricción mejoró considerablemente las condiciones del servicio a lo largo del tiempo. Los trolebuses y los tranvías presentan una mayor complejidad para su renovación. Ambos tipos de equipamiento se adquieren fuera del país y sus costos requieren de una inversión significativa. Por estas razones, la antigüedad promedio es alta (31 y 23 años, respectivamente). Sin embargo, en los dos casos los vehículos en circulación se encuentran en adecuadas condiciones para la prestación del servicio. Es así que la antigüedad promedio de los ómnibus, trolebuses y metro tranvías puede considerarse adecuada para la prestación eficiente del servicio.

5.2.2. Indicador: capacidad de los vehículos

Hace referencia a la cantidad de pasajeros sentados que pueden viajar simultáneamente en un vehículo. En el AMM cada modo de transporte tiene una capacidad diferente, por ello, se considera la de la red en su conjunto. Para realizar esta estimación se toman valores promedio de cada tipo de vehículo. Se observa que la capacidad diaria de la red es para 5 447 314 pasajeros, mientras que los pasajeros que utilizan diariamente el servicio ascienden a 670 000. Se detecta, entonces, que es posible efectivamente el traslado de los pasajeros que requieren del servicio. Es decir, considerando solamente esta perspectiva, la capacidad de los vehículos es adecuada. No obstante, dadas las cifras mencionadas, el sistema operativo del servicio tiene una utilización del 15 %, es decir, existe un exceso de oferta que podría considerarse como un funcionamiento ineficiente. Esta ineficiencia genera un elevado consumo de recursos, por lo que se estima que este indicador no conduce a la eficacia ni a la sostenibilidad.

5.2.3. Indicador: capacidad de los garajes

Se mide a través de las posibilidades de guarda de todos los vehículos de la flota, es decir, se supone que si existe espacio suficiente para el estacionamiento de todo el parque móvil las tareas de mantenimiento y reparación se pueden realizar adecuadamente. Se considera que un garaje tiene capacidad adecuada si puede albergar en su espacio físico a toda la flota de vehículos simultáneamente. Conociendo la superficie de los terrenos de guarda de coches y el tamaño de la flota de cada empresa, se estima la capacidad de los garajes. Se detecta que solo una empresa operadora tiene déficit real en la capacidad de su garaje. Este indicador presenta, entonces, valores favorables para la eficacia del sistema de transporte.

5.2.4. Indicador: información al usuario

Es el plan de comunicación que se utiliza para dar a conocer a los usuarios las características del servicio, principalmente los recorridos, el horario de las frecuencias y los lugares en donde puede adquirirse la bonificación parcial o total del boleto. En el AMM no existe un plan de comunicación del sistema de transporte colectivo. No se cuenta con información adecuada, actualizada y completa sobre la red, su operación y sus características generales (no es claro el modo en que están divididos los recorridos, el trayecto que realiza cada uno, las paradas en donde puede tenerse acceso al mismo). Es decir, no existe un modo inteligible de acceder al servicio por lo que los pasajeros actuales y potenciales deben guiarse por referencia de otros usuarios o de los conductores de los vehículos. Como indicador de la información al usuario, se considera a la información sobre recorridos, frecuencias y lugares de compra de abonos en las páginas web de las empresas, ya que no existe un sitio web oficial con esta. Se observa que de las siete empresas concesionarias solo cuatro generan dicha información. No existe, entonces, un plan de comunicación efectivo.

5.2.5. Indicador: paradores

La existencia de paradores está fuertemente vinculada con la información al usuario, ya que es un elemento relevante de comunicación, a la vez que cumple funciones de reparo bajo condiciones climáticas adversas (lluvias, temperaturas muy bajas y muy altas). En el AMM estos paradores están únicamente instalados en el centro de actividades, pero en las áreas alejadas de este solo se tiene como referencia de la parada un cartel indicativo, con escasa información al usuario. Esta característica es un factor de eficacia del servicio que no está equitativamente distribuida en el área estudiada, a la vez que no está completamente desarrollada en su diseño para cumplir adecuadamente su función.

5.3. Variable-indicador: cobertura del área de transporte

Por cobertura se entiende al “área servida por el sistema de transporte público siendo su unidad de medida el tiempo o la distancia recorrida a pie y que resulta aceptable caminar” (Pozueta, 2000, p. 224). Se refiere a la extensión de una red dentro del área en la que se presta el servicio. Este valor puede asociarse también al porcentaje de población que sirve. Habitualmente, la cobertura en los centros de actividad es alta y va decreciendo conforme se avanza sobre las zonas menos densas o de menor atracción. Se considera como cuenca primaria de la red a la distancia desde cada estación que puede ser recorrida a pie en cinco minutos, es decir, 500 metros. En este trabajo, el objetivo del indicador es determinar el porcentaje de área urbana que representa la cuenca primaria de la red respecto de toda el área urbana.

Para evaluar este indicador se considera que por razones de equidad el servicio de transporte público debe servir a la totalidad del área urbana, es decir, la extensión óptima de la red, representada por su cuenca primaria, debería abarcar el 100% de la superficie urbana. El indicador debe tener un valor cercano a uno para ser óptimo. En este marco, se establece que si la cobertura es superior al 80% es suficiente y si es inferior a este porcentaje es insu-

ficiente. Definidos estos criterios, se detecta que en el AMM la cobertura es en general suficiente, ya que en promedio es del 88% (Tabla 4).

5.4. Variable-indicador: tiempo de viaje y frecuencia

El tiempo total de viaje es el comprendido entre el momento en que se deja el lugar de origen y el momento en que se arriba al de destino. Para los modos colectivos de transporte, este trayecto puede descomponerse en partes: tiempo de caminata a la parada o estación, tiempo de espera, tiempo de traslado, tiempo de caminata al lugar de destino. La frecuencia es el número de veces que pasa un vehículo de transporte colectivo por una parada, en una unidad de tiempo. En otras palabras, es el período de tiempo que se debe esperar entre un servicio y el siguiente. Se relaciona con el tiempo de viaje, ya que mientras mayor es la frecuencia del servicio menor es el tiempo de espera y menor el tiempo de viaje. La frecuencia óptima se define en función de la demanda, real y potencial, de cada territorio particular.

En el AMM el tiempo promedio de traslado en ómnibus es de 38,6 minutos y en trolebús de 34 minutos. Por su parte, el tiempo promedio de traslado en automóvil particular (como conductor) es de 21,4 minutos, incluyendo el tiempo de estacionamiento y de caminata al lugar de destino, es decir, este es el

TABLA 4. COBERTURA DE LA RED DEL SERVICIO DE TRANSPORTE COLECTIVO

ÁREA URBANA DE DEPARTAMENTO	COBERTURA DEL SERVICIO
Ciudad	87%
Godoy Cruz	95%
Guaymallén	93%
Las Heras	78%
Luján de Cuyo	84%
Maipú	90%
Promedio	88%

Fuente: Elaboración propia en base a información de Instituto CIFOT (2015).

tiempo de viaje. El tiempo promedio de espera para utilizar un servicio público colectivo es de 10,5 minutos y el tiempo promedio de caminata es de 2,04, que se multiplica por dos para considerar no solo la caminata desde el origen a la parada, sino también desde la parada hasta el destino. Se detecta, entonces, que el tiempo total de viaje en modos colectivos es más del doble que el del vehículo privado. El tiempo de viaje en colectivo no es el adecuado para considerarlo una alternativa eficaz al automóvil particular. En palabras de Parras y Gómez (2015).

La consideración del tiempo en la movilidad se halla fuertemente vinculada a la valoración que las personas hacen del mismo y con ello, de sus decisiones al momento de desplazarse, condicionadas por subjetividades difíciles de cuantificar, asociadas con las características socioeconómicas o ambientales de las personas. (p. 69)

Es decir, tiempos de viajes tan extensos resultan un desincentivo para la elección del transporte colectivo como modo de movilidad.

Adicionalmente, se detecta en la Encuesta de Origen y Destino (2009-2010) que, para los usuarios del transporte público colectivo, el problema más grave del servicio es la frecuencia. Es decir, se visualiza como variable condicionante para la mejora en la operación del transporte colectivo la disminución en los tiempos de espera. Esta reducción acercaría el tiempo de viaje de los modos colectivos con el tiempo de traslado del automóvil particular.

6. Resultados del análisis de eficacia del transporte colectivo y reflexiones finales

El modelo de movilidad de un territorio condiciona el desarrollo del sistema urbano. Las mejoras tecnológicas

y el mayor acceso al automóvil particular disminuyen los tiempos de viaje provocando una segregación espacial de los usos del suelo. La expansión de autopistas y corredores marca la dirección en la que se expande la ciudad como también la localización de nuevos centros de gravedad, tanto de actividades como de población. Esto último también está condicionado por la red de recorridos del sistema de transporte colectivo, influyendo en el desarrollo de la ciudad.

Un modo de promover el desarrollo de una ciudad sustentable, compacta, con mezcla de usos del suelo, con densidades adecuadas, con uso racional de los recursos naturales y económicos, con menor contaminación y mayor cohesión social y espacial, es fomentar el comportamiento sustentable de esta a través del uso de modos de transporte colectivos y no motorizados como la bicicleta y la caminata.

En el AMM el sistema de transporte colectivo no se comporta óptimamente, por lo que no promueve las características deseables para la sustentabilidad. De acuerdo con los indicadores que se evaluaron y a la ponderación de cada uno de ellos, se determina que el sistema operativo del transporte colectivo no opera eficazmente. El valor que alcanza el sistema operacional en su conjunto, que da cuenta de la cantidad de atributos positivos que tiene este, respecto de las características deseables de eficacia, es en total de 0,4. Este valor se ubica en el intervalo que representa un nivel de eficacia inadecuado (Tabla 5).

Los indicadores que presentan valores positivos son cuatro: densidad de la red vial, antigüedad del parque móvil, capacidad de los garajes y cobertura del área de transporte. Por su parte, los aspectos más deficientes de este tienen que ver con la estructura física de las rutas y de la red, y con los tiempos de viaje y las frecuencias.

La estructura física de las rutas y de la red no cuenta con el tipo de rutas óptimo para el tamaño de la ciudad.

En el servicio de transporte colectivo del AMM predominan las rutas radiales induciendo a la concentración de actividades, población y del mismo servicio. Para el desarrollo más equitativo del territorio urbano y para la operación más eficaz del servicio sería adecuado incorporar recorridos diametrales y circulares que sirvieran al área urbana en coronas y evitaran la concentración. La gran limitación que se detecta es la necesidad de desconcentrar también los usos del suelo, es decir, ordenar en el territorio las actividades para que las personas puedan desarrollar su vida cotidiana sin

necesidad de desplazarse hacia un núcleo central de actividades. Simultáneamente, este cambio de tipos de rutas requiere (re)estructurar todo el grupo de recorridos, jerarquizándolos, para que operen como un sistema.

En este sentido, se observa, también, la ausencia de jerarquización de los recorridos, la red no se encuentra articulada dificultando la multimodalidad. Estas características favorecerían la eficacia en la operación del servicio en la medida en que los recorridos se adecuarían a las necesidades de los usuarios, funcionando en red y reduciendo tiempos de viaje.

TABLA 5. EFICACIA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO

VARIABLE	INDICADOR	ATRIBUTO	PONDERACIÓN
	Tipo de rutas óptimo	Sí	
		No	0
	Jerarquización de recorridos	Sí	
		No	0
Estructura física de las rutas y de la red	Densidad red vial	Suficiente	0,05
		Insuficiente	
	Índice de Engel	Red vial no saturada	
		Red vial saturada	0
Diseño red según estructura urbana	Sí		
	No	0	
Antigüedad parque móvil	Adecuada	0,05	
	Inadecuada		
Capacidad de los vehículos	Adecuada		
	Inadecuada	0	
Infraestructura y equipamiento	Capacidad garajes	Adecuada	0,05
		Inadecuada	
Información al usuario	Adecuada		
	Inadecuada	0	
Paradores	Presencia		
	Ausencia	0	
Cobertura del área de transporte	Cobertura del área de transporte	Adecuada	0,25
		Inadecuada	
Tiempo de viaje y frecuencias	Tiempo de viaje y frecuencias	Adecuada	
		Inadecuada	0
			0,4
Nivel de eficacia del sistema de transporte		Adecuado	[0,75 ; 1]
		Inadecuado	(0 ; 0,75)

Fuente: *Elaboración propia.*

Se detecta también una falta de diseño de la red en función de las características espaciales del sistema urbano. El esquema de la red de recorridos se ha elaborado siempre en función de la demanda real del servicio obtenida de las encuestas de origen y destino, no considerando la demanda potencial, es decir, la relación con el sistema urbano. Si bien es importante conocer los requerimientos de la demanda real, cobra igual importancia considerar la estructura territorial urbana, su dinámica y comportamiento, ya que su vínculo con el sistema de transporte es estrecho e indisoluble.

Por último, un aspecto positivo de la estructura física de las rutas y de la red es la densidad vial que da cuenta de un territorio articulado y comunicado vialmente. No obstante, existen áreas del AMM en las que la red vial está saturada, es decir, si bien la infraestructura vial facilita la conectividad, en algunos territorios resulta insuficiente para el número de habitantes que la utilizan. En síntesis, la estructura de las rutas y de la red requiere de una adecuación y extensión para que promueva el desarrollo de un sistema de transporte y de un sistema urbano sustentables.

Siguiendo lo que propone Anapolsky y Pereyra (2012), es fundamental, para mejorar todos los aspectos deficitarios de la red, que estos se ordenen de manera conjunta, ya que ejercen influencia recíproca y su coordinación deviene en mejoras de todo el sistema de transporte colectivo y en el desarrollo del modelo de movilidad urbana sostenible.

En relación con los tiempos de viaje y las frecuencias, se observa que el transporte colectivo se encuentra en una situación de gran desventaja respecto del automóvil particular. Trasladarse de un lugar a otro requiere en promedio el doble de tiempo en transporte

colectivo que en automóvil particular. Esto implica, asimismo, un nivel insuficiente de frecuencias que prolonga los tiempos de espera en las paradas. Se visualiza, entonces, a estas variables como condicionantes para la mejora en la operación del transporte.

El sistema de transporte colectivo tiene dos dimensiones que presentan características deseables para la promoción de la sostenibilidad. Una de ellas es la infraestructura y el equipamiento y otra es la cobertura de la red del servicio. La infraestructura es adecuada, ya que la capacidad de los garajes de guarda de los vehículos se ajusta a los requerimientos de la flota. Las mejoras son necesarias en la capacidad de los vehículos, ya que esta resulta ser excesiva; en la información al usuario del sistema, pues este no cuenta con un medio de comunicación completo, inteligible y actualizado para acceder al servicio; y en los paradores que no presentan la infraestructura adecuada para el resguardo de los pasajeros durante el tiempo de espera del servicio. La cobertura de la red es el componente con mejores características del sistema de transporte colectivo y es el que favorece por excelencia el acceso al servicio de toda la población del AMM. En el (re)diseño de la red de recorridos, es de gran importancia mantener este elemento al menos en el nivel que presenta actualmente.

En síntesis, se detecta que la dimensión operativa del sistema de transporte colectivo que opera en el AMM no es eficaz, por lo que no favorece el funcionamiento adecuado del servicio y, en consecuencia, no contribuye a que el modelo de movilidad sea sostenible. Para revertir esto, se requiere de un ordenamiento de la movilidad en general y del transporte colectivo en particular, que considere la estructura territorial urbana, sus características espaciales y su dinámica, a la vez que favorezca la priorización de este servicio por sobre los modos de transporte no sostenibles.



Referencias

- Acevedo, J. y Bocarejo, J. P. (2009). Movilidad sostenible: una construcción multidisciplinaria. *Revista de Ingeniería, Universidad de Los Andes*, 29, 72-74. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121013257009>
- Alcaldía de Medellín (2006). Sistema de Indicadores. Gestión, Implementación y Seguimiento. Documento Técnico de Soporte POT (Acuerdo 46/2006). Medellín: Departamento Administrativo de Planeación.
- Anapolsky, S. y Pereyra, L. (2012). Desafíos de la gestión y la planificación del transporte urbano y la movilidad en las ciudades argentinas. *Revista Transporte y Territorio*, 7, 57-75. Recuperado de revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/283
- Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad (Carta de Aalborg). (1994, 27 de mayo). Campaña de Ciudades Europeas Sostenibles. Recuperado de <http://www.sustainable-cities.org>
- Díaz Muñoz, M. A. y Jiménez Gigante, F. J. (2007). Transportes y movilidad: ¿necesidades diferenciales según género? *Terr@ Plural, Ponta Grossa*. 1(1), 91-101. Recuperado de <http://www.revistas2.uepg.br/index.php/tp/article/view/1144>
- Gilbert, R., Irwin, N., Hollingworth, B. y Blais, P. (2002). Sustainable Transportation Performance Indicators. Centre for Sustainable Transportation. Recuperado de www.cstctd.org
- Gobierno de Mendoza, (2010). *Encuesta de Origen y Destino 2010*. Mendoza: Ministerio de Ambiente y Obras Públicas, Gobierno de Mendoza.
- Gobierno del Estado de Morelos. Programa Estatal de Desarrollo Urbano (2007-2012). Diagnóstico del nivel de integración funcional del territorio. Morelos, México.
- Gudmundsson, H. (2003). Dar a los conceptos la importancia que les corresponde. Movilidad sostenible y sistemas de indicadores en la política de transporte, *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, 176, 26-52. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SHS/pdf/176-abstracts176spa.pdf>
- Gudmundsson, H. (2001). Indicators and performance measures for Transportation, Environment and sustainability in North America, Ministry of Environment and Energy, National Environmental Research Institute. Recuperado de http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_arbrapporter/default.asp
- Hernández, D. y Witter R. (2011). Entre la Ingeniería y la Antropología: Hacia un Sistema de Indicadores Integrado sobre Transporte Público y Movilidad. *Revista Transporte y Territorio*, 4, 29-46. Recuperado de www.redalyc.org/articulo.oa?id=333027082003
- Johnson, S. (2003). *Sistemas emergentes. O qué tienen en común hormigas, neuronas, ciudades y software*. México: Turner/Fondo de Cultura Económica.
- Litman, T. A. (2005). Sustainable Transport Indicators. Victoria Transport Policy Institute. Recuperado de www.vtpi.org

- Martínez, A. (2012). Patrón espacial de la cobertura vial como factor integrador y dinamizador de la movilidad urbana en el municipio Chacao, Estado Miranda. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 4(4), 137-168. Recuperado de https://docs.wixstatic.com/ugd/79758e_975ad352e7be4cbcb9013da1b0e48782.pdf
- Molinero, A. R. y Sánchez Arellano, L.I. (2005). Transporte público: planeación, diseño, operación y administración. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Monzón de Cáceres, A. y de la Hoz Sánchez, D. (2009). Efectos sobre la movilidad dinámica territorial de Madrid. *Urban*, 14, 58-71. Recuperado de polired.upm.es/index.php/urban/article/view/307
- Nunes Da Silva, F. (2001). Políticas de transportes para um ambiente urbano sustentable. *Cuadernos de Geografía*, 48(18), 81-82.
- Organización de Naciones Unidas (3 al 14 de junio de 1992). Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Agenda 21. Río de Janeiro, Brasil.
- Parras, M. A. y Gómez, E. L. (2015). Tiempo de viaje en transporte público. Aproximación conceptual y metodológica para su medición en la ciudad de Resistencia. *Revista Transporte y Territorio*, 13, 66-79. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5252073.pdf>
- Pozueta, J. (2000). *Movilidad y planeamiento sostenible. Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y el diseño urbano*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Salado García, M.J., Díaz Muñoz, M. A., Bosque Sendra, J., Carvalho Cantergiani, C, Rojas Quezada, C., Jiménez Gigante, F. J., Barnetti, I., Fernández, C. y Muñoz Rueda, C. (2002). Movilidad Sostenible y SIG. Propuesta de Evaluación del Transporte Público en Alcalá de Henares. Madrid: Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá de Henares.
- Sustainable Mobility Measures and Assessment (SUMMA). (2005). Sustainable Mobility, Policy Measures and Assessment. Recuperado de <http://www.summa-eu.org/>
- Urbano, P. M., Ruiz Rúa, A. y Sánchez Gutiérrez, J.I. (25, 26 y 27 de mayo de 2011). Indicadores de sostenibilidad para el transporte. Una perspectiva estructural. En *XIII Reunión de Economía Mundial*. Escuela Universitaria de Estudios Empresariales de la Universidad del País Vasco. Donostia-San Sebastián.



Transformaciones y prospectiva del paisaje en el páramo de Paja Blanca, Nariño, Colombia



TRANSFORMATION AND PROSPECTIVE IN THE LANDSCAPE OF PARAMO PAJA BLANCA, NARIÑO, COLOMBIA

TRANSFORMAÇÕES E PREVISÃO DA PAISAGEM NO PÁRAMO DE PAJA BLANCA, NARIÑO, COLÔMBIA

DIEGO ANDRÉS Muñoz-Guerrero¹

Para citar este artículo: Muñoz-Guerrero, D. A. (2017). Transformaciones y prospectiva del paisaje en el páramo de Paja Blanca, Nariño, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 22(2),47-66. doi: 10.19053/01233769.7598

Recepción:

24 de enero de 2017

Evaluación:

7 de julio de 2017

Aprobación:

24 de julio de 2017

Resumen

La presente investigación evalúa las transformaciones en el paisaje ocurridas en el páramo de Paja Blanca, Nariño, Colombia, en el periodo 1984-2013; así mismo, a través de un análisis descriptivo y regresiones logísticas, se establecen los principales factores socio-económicos y biofísicos que han sido determinantes en las transformaciones o cambios en el periodo mencionado. Mediante el enfoque de Redes Neuronales Artificiales (RNA) se hicieron simulaciones del paisaje para los próximos 30 años. Los resultados indican que las transformaciones más importantes están determinadas por el cambio de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos y cultivos, con influencia de las variables distancia de vías, distancia a los ríos y también por el crecimiento poblacional; lográndose determinar una tasa de deforestación anual de 16 has/año. Las simulaciones futuras predicen un comportamiento similar, con pérdidas importantes de bosque natural fragmentado y también una reconversión de áreas de cultivos a bosques naturales.

¹ Ingeniero agroforestal de la Universidad de Nariño, magíster en Agroforestería tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Doctor en Geografía del Convenio UPTC-IGAC. Profesor Universidad de Nariño. dmg30@hotmail.com

Palabras clave: *análisis espacial, análisis multitemporal, cambios de uso del suelo, redes neuronales artificiales.*

Abstract

The present investigation evaluates the transformations in the landscape occurred in the paramo of Paja Blanca, Nariño, Colombia, in the period 1984-2013; Likewise, through a descriptive analysis and logistic regressions, we established the main socioeconomic and biophysical factors that have been determinant in the transformations or changes in the mentioned period. Through the Artificial Neural Networks (RNAs) approach, landscape simulations were also made for the next 30 years. The results indicate that the most important transformations are determined by the change from fragmented natural forest to mosaic of pastures and crops, influenced by the variables: distance of roads, distance to rivers and also by population growth; Achieving an annual deforestation rate of 16 ha/year. Future simulations predict similar behavior, with significant losses of fragmented natural forest, and also a reconversion of crop areas to natural forests.

Keywords: *spatial analysis, multi-temporal analysis, changes in land use, artificial neural networks.*

Resumo

A presente pesquisa avalia as transformações na paisagem acontecidas no Páramo de Paja Blanca, Nariño, Colômbia, no período 1984-2013; do mesmo modo, através de uma análise descritiva e regressões logísticas, os principais fatores socioeconômicos e biofísicos que foram decisivos nas transformações ou mudanças no período mencionado são estabelecidos. Através da abordagem das Redes Neurais Artificiais (RNAs), simulações de paisagem foram realizadas para os próximos 30 anos. Os resultados amostram que as transformações mais importantes são determinadas pela mudança de bosque natural fragmentado ao mosaico de pastagens e lavouras, com influência das variáveis distância de vias, distancia aos rios e também pelo crescimento populacional; podendo determinar uma taxa de desmatamento anual de 16 ha/ano. As simulações futuras predizem um comportamento similar, com perdas importantes de bosque natural fragmentado e também uma reconversão de áreas de lavouras para florestas naturais.

Palavras chave: *análise espacial, análise multitemporal, câmbios de uso do solo, redes neuronais artificiais.*

1. Introducción

El paisaje, según Bertrand (1968), es una porción del espacio caracterizado por un tipo de combinación dinámica de elementos geográficos diferenciados, abióticos, bióticos y antrópicos; es también altamente dinámico y mayormente cambiante a medida que se aleja de un punto de equilibrio en términos económicos, productivos o ambientales. Frente a lo anterior, resulta claro que, para el entendimiento de la dinámica del paisaje, los estudios deben enmarcarse dentro de un contexto temporal, que permita evaluar y entender sus niveles de transformación. Las transformaciones del paisaje, según Aldana (2011) se refieren a la variación que el paisaje puede sufrir en su estructura, composición y funcionamiento durante un periodo de tiempo determinado, el cual está dado por el cambio de estado de una o más variables; estos cambios pueden darse por múltiples factores. Al respecto, Gómez-Zotano y Riesco Chueca (2010), manifiestan que dichos cambios se agudizan durante un número reducido de periodos cortos, separados por largos periodos de estabilización.

Uno de los paisajes que a nivel mundial resulta importante explorar y analizar por sus funciones ecológicas y por su importancia social son los páramos, los cuales a pesar de estar inmersos en modelos de protección como son los parques nacionales, las gestiones políticas y administrativas quizá no han sido lo suficientemente eficaces para detener la intervención antrópica; lo cual implicando unas transformaciones constantes, y con ello repercusiones negativas ambientales y sociales. Un ejemplo de estos páramos es el de Paja Blanca, ubicado en el departamento de Nariño, Colombia, decretado como área protegida desde el año 1989 y como Parque Natural Regional en el año 2015.

Corponariño (2010) afirma que en el páramo de Paja Blanca son 113 hectáreas que se deforestan anualmente y que a pesar de que esta entidad ha realizado tres planes de manejo diferentes, y ha venido implementando desde 1997 diversos mecanismos encaminados a detener el avance del sector agropecuario, como son proyectos productivos pecuarios, reforestaciones con especies nativas, fomento de estufas a gas, letrinización, entre otros, los resultados no han sido los mejores ni contundentes; los procesos de transformación del paisaje, reflejados en los cambios de coberturas, aún continúan y con ello las alteraciones ambientales, como es la reducción de los caudales que alimentan los 45 acueductos y los cinco distritos de riego de los siete municipios que lo rodean.

En la actualidad, se han desarrollado varios métodos de análisis y modelamiento espacial para explicar y predecir los cambios que se producen o se producirán en un determinado paisaje dependiendo del comportamiento de las coberturas en el tiempo y espacio. Al respecto, Sandoval y Oyarzun (2004) manifiestan que la modelación espacial del cambio en el uso del suelo se deriva de la combinación y uso de técnicas cartográficas, Sistemas de Información Geográfica y modelos estadísticos multivariantes. En este sentido, en el presente estudio se usaron metodologías de percepción remota y modelamiento espacial para explicar las transformaciones del paisaje del páramo de Paja Blanca en los últimos 30 años, así como su prospectiva para los 30 próximos, de continuar con las tendencias actuales; información que será muy útil para los procesos de toma de decisiones de las entidades encargadas de su administración y manejo.

2. Área de estudio

La zona de estudio corresponde al páramo de Paja Blanca, que se ubica en el departamento de Nariño,

en la parte central del nudo de los Pastos entre las coordenadas $0^{\circ} 50' - 1^{\circ} 06'$ de latitud norte y $77^{\circ} 45' - 77^{\circ} 25'$ de longitud oeste (Figura 1). Según el documento elaborado por Corponariño en el año 2010, denominado “Declaratoria del Parque Natural Regional Páramo de Paja Blanca, Territorio Sagrado del pueblo de los Pastos”, tiene un área de 4640 hectáreas, superficie tomada en cuenta para este estudio. Presenta una distribución altitudinal entre los 3000 y 3600 m s.n.m. La cumbre del páramo de Paja Blanca corresponde a un cráter antiguo con productos volcánicos extensos. Según Corponariño (2010), corresponde a un sistema aislado del complejo de páramos suroccidentales del departamento de Nariño; tal situación y la altura de los páramos circunvecinos (Chiles, Cumbal y Azufral) han condicionado una estructura ecosistémica de características atípicamente más xéricas, con menos influencia húmeda o perhúmeda de las corrientes pacíficas y amazónicas respecto a los otros páramos suroccidentales. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los $10,2^{\circ}\text{C}$ y $11,6^{\circ}\text{C}$, y las precipitaciones entre 1094 y 1242

mm. (Corponariño, 2007a). Este páramo cubre los sectores altos de los municipios de Pupiales, Sapuyes, Ospina Iles, Guachucal, Contadero y Gualmatán. En relación con los eventos volcánicos, ha recibido, por su relativa cercanía con el sistema del volcán Azufral y en diferentes períodos geológicos, grandes cantidades de material de tipo volcánico, que en la actualidad se puede hacer evidente en los cortes y capas deposicionales presentes en la geología del páramo Paja Blanca, extendiéndose sobre todo hacia el sector nororiente, en Sapuyes (Corponariño, 2007b).

3. Metodología

3.1. Procesamiento digital de imágenes

Para establecer las coberturas del año 1984, se utilizaron imágenes satelitales Landsat 7 TM (Path 010, Row 059). Para el año 2013, se adquirieron imágenes del sensor Aster mediante el aplicativo de la NASA disponible en internet (<https://wist.echo>).

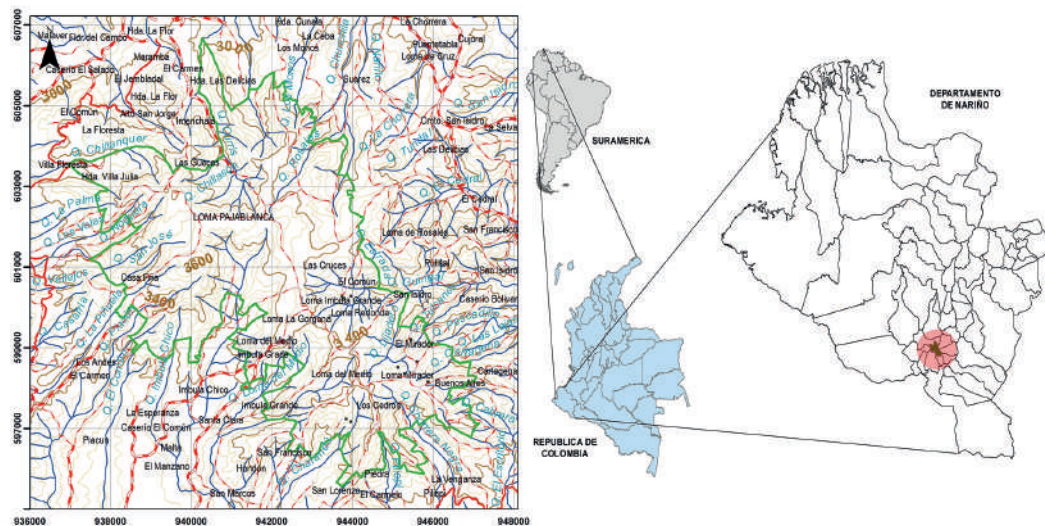


FIGURA 1.

Localización área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

nasa.gov/). Para la calibración geométrica de las imágenes, se utilizó el programa Erdas 2011, en el cual mediante la recolección de puntos GPS en campo con el actual Datum de la cartografía colombiana (MAGNA-Sirgas), se realizó la georreferenciación ($RMS < 1$). La calibración radiométrica y atmosférica, proceso que tiene como objetivo corregir problemas mecánicos en el sensor que generan valores erróneos en píxeles concretos y eliminar las distorsiones que la atmósfera introduce en los valores de radiancias que llegan al sensor desde la superficie terrestre, implicó la conversión de niveles digitales (ND) a radiancias (Chuvieco, 1996); conversión de niveles de radiancia a reflectividad aparente o reflectancia (Wooster, 1996; Thome, Palluconi, Takashima y Masuda, 1998; Chander y Markham, 2003). La calibración atmosférica se hizo a través del modelo propuesto por Chávez (1996), el cual consiste en detectar en una banda el valor mínimo (m), con el fin de sustraer a cada ND de la imagen dicho valor.

3.2. Clasificación de las coberturas

Después de los anteriores procedimientos, en el programa Erdas 2011 se procedió a realizar una clasificación de las coberturas presentes en cada año; para ello se aplicó la metodología de clasificación supervisada, la cual exige una misma leyenda para las dos fechas, con el propósito de que sean realmente comparables. La clasificación de las categorías de uso se efectuó teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover; y todo el proceso de vectorización así como la producción final de los mapas de coberturas se realizaron en el programa ArcGIS 10. Las categorías utilizadas fueron: bosque natural denso (BND), bosque natural fragmentado (BNF), mosaico de pastos y cultivos (MPC) y coberturas de páramo (PA).

3.3. Dinámica de los cambios de coberturas del suelo ocurridos entre 1984 y 2013

Una vez obtenidos los mapas de usos y coberturas, se realizó un análisis estadístico descriptivo espacio-temporal de los cambios ocurridos entre 1984 y 2013, utilizando para ello el módulo Land Change Modeler (LCM) del programa IDRISI ANDES; este módulo permite realizar de manera rápida un análisis de las ganancias y pérdidas de superficies experimentadas por los distintos usos y coberturas de suelo, sus cifras netas y transiciones; datos que se usaron para construir una matriz de tabulación cruzada, que se describe como una tabla con arreglos simétricos que contiene en uno de sus ejes las categorías de uso de suelo y vegetación del año base y en el otro eje las mismas categorías pero del segundo tiempo.

3.4. Identificación y análisis de los principales factores que han incidido en los procesos de transformación del paisaje

En el presente estudio se optó por tomar las causas más relevantes que propone la literatura basadas en la caracterización de los diferentes flujos de cambio en la cobertura y el uso del suelo. De esta manera, se analizaron los factores demográficos como principales causantes de las transformaciones paisajísticas (Henríquez-Dole, 2012; Bonilla, 1985; Harthshorn, 1983; Pérez y Protti, 1978). Se tomaron datos estadísticos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para con ello analizar las tendencias de crecimiento en los siete municipios que conforman el ámbito de estudio; de igual forma, los datos de crecimiento poblacional se utilizaron para generar mapas de densidad poblacional. Con el

objetivo de averiguar si dichos valores de densidad poblacional predisponen una mayor ocurrencia de unas categorías temáticas de ocupación del suelo, antes que otras, se utilizó el estadístico Cramer's V., cuyos valores varían entre 0 y 1; un valor de 0 implica independencia de los atributos y un valor de 1 denota asociación perfecta.

Considerando las recomendaciones de los anteriores autores, se realizaron también distancias euclidianas y regresiones logísticas con el fin de descubrir la relación entre la estructura vial y las viviendas, con las áreas que se transformaron durante 1984 y 2013. Los mapas de distancias euclidianas, que corresponde a la distancia desde las vías y viviendas a cualquier punto de las zonas de estudio, se construyeron con el comando "Distance" del programa Idrisi Selva. La regresión logística es un método similar a la regresión lineal múltiple, pero adaptado a modelos en donde es condición necesaria que la variable a explicar sea binaria, pudiendo tomar únicamente valores de 0 y 1 (Pineda-Jaimes, Bosque-Sendra, Gómez-Delgado y Plata-Rocha, 2009). El estadístico utilizado para evaluar el modelo de regresión fue el ROC (*Relative Operating Characteristic*), sus valores oscilan entre 0 y 1, de modo que valores de 0,5 o menores no indican ningún grado de correlación y valores cercanos a 1 indican un buen ajuste entre variables; todo el proceso se realizó con el módulo Logisticreg del programa Idrisi Selva.

Al igual que las variables socioeconómicas, también se hicieron regresiones logísticas para encontrar relaciones entre algunas variables físico-bióticas y las transformaciones presentadas en los últimos 30 años. Las variables que se escogieron fueron: el relieve, las pendientes y la distancia a los ríos. Para el relieve, se utilizó un modelo digital de terreno de 12,5 metros de resolución, proveniente del sensor

ALOS PALSAR, las pendientes se obtuvieron del modelo digital de terreno calculadas en porcentaje con el comando "SLOPE" del programa Idrisi Selva, y para la distancia a los ríos se usaron distancias euclidianas.

3.5. Simulación

La simulación de los paisajes del páramo de Paja Blanca para los próximos 30 años se realizó con base en el enfoque de Redes Neuronales Artificiales (RNA) (Isasi y Galván, 2004), las cuales son estructuras de mapeo no lineal basadas en el funcionamiento del cerebro humano. Se utilizó para ello el módulo *Land Change Modeler* (LCM) que viene incorporado en el programa Idrisi Selva. Dicho enfoque requirió efectuar los siguientes pasos:

- Selección y análisis de variables de transición: con base en los resultados del acápite anterior, se seleccionaron las variables cuyo patrón espacial manifieste algún tipo de comportamiento que se crea que puede tener relación con el patrón de localización de cada uno de los cambios de coberturas que se identificaron. Las variables seleccionadas fueron sometidas a la prueba Cramer's V para calcular la fuerza de la relación entre estas y la distribución de las categorías de usos del suelo de la fecha más reciente (2013). Si bien un alto índice Cramer's V no garantiza una buena modelización, un bajo índice sí es un indicativo de la conveniencia de no incluirlas en la modelación (Clarks Labs, 2006). LCM permite realizar de manera muy fácil la prueba de Cramer's V, para tomar la decisión de incluir o no una variable en el modelo.
- Identificación de las transiciones potenciales: en este paso, se definieron en primera instancia cuáles son las transiciones o cambios más impor-

tantes, para lo cual se escogieron aquellas que afectarían a más de dos hectáreas de superficie. Con las transiciones definidas, en el módulo LCM de Idrisi Selva fueron agrupadas en un submodelo, al cual se agregaron las variables de transición, para posteriormente generar mapas potenciales de transición, que son la plasmación espacio-temporal del potencial de cambio que oscilan de 0 a 1, indicando el potencial que cada píxel presenta para cambiar de una categoría de cobertura a otra. Este proceso se basa en el entrenamiento de las redes neuronales a través de la minimización del error cuadrático medio, variando la tasa de aprendizaje, el número de nodos en la capa intermedia, el número total de iteraciones y la revisión gráfica de la evolución del error cuadrático medio.

- Estimación de la cantidad de cambio y localización de los cambios: después de obtener las matrices de transición de cada categoría de cobertura, el módulo LCM de Idrisi predice los cambios para los próximos 30 años (2042). Este modelo, en primer lugar, genera una matriz de probabilidad de cambio para el periodo asignado, luego ofrece dos clases de predicción: una imagen con la predicción de un escenario específico y una imagen con índices de la vulnerabilidad al cambio. La primera se presenta con la clasificación final basado en un modelo de localización competitiva del suelo, y la segunda representa las áreas que presentan las mejores condiciones para cambiar en una escala de 0 a 1 (Henríquez-Dole, 2012).

3.6. Validación

Para validar el modelo obtenido, se hizo una simulación para el año 2016, obteniéndose un mapa raster de

coberturas para dicho año; posteriormente se realizó en campo un muestreo aleatorio simple, en el que se seleccionaron al azar 50 puntos donde se registró su posición GPS y el tipo de cobertura presente. Estos puntos fueron ingresados al programa ArcGIS 10 con sus respectivas coordenadas geográficas y sus atributos de coberturas observadas; posteriormente se ingresó el mapa raster de las coberturas simuladas para el año 2016, y se usó la herramienta “Extract Values to Points” de ArcGIS para capturar las coberturas simuladas. Como resultado se obtiene una tabla donde cada punto contiene el tipo de cobertura observada y simulada. Con estos puntos se construyó una matriz de confusión, que, según Congalton, Lunetta, Fenstermaker, Jensen, McWire y Tinney (1991), consiste en la colocación de filas y columnas relacionadas con las categorías de uso o cobertura relacionada con el mapa. En las columnas se ubican las categorías deducidas por la simulación, mientras que en las filas se colocan las clases de referencia (verdad del terreno). El error asociado a cada columna se denomina “error de inclusión o comisión” y representa aquellas áreas que fueron asignadas a dicha categorías sin pertenecer a ella. En las filas se presentan las categorías verdaderas. El error asociado a cada fila se denomina “error de exclusión u omisión” y representa aquellas áreas que no fueron asignadas a dicha categoría aun cuando pertenecían a ella. También se evaluó la clasificación con el índice de Kappa, que es otra forma altamente difundida de medir la exactitud de un mapa. Conocida también como “k”, puede medir la exactitud de manera más precisa que la matriz de confusión, porque incluye dentro del cálculo todos los valores de la matriz y no solamente sus extremos; su fórmula según Cohen (1960) es la siguiente:

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^l a_{ii} - \sum_{i=1}^l (a_{i.} a_{.i})}{n^2 - \sum_{i=1}^l (a_{i.} a_{.i})}$$

Donde:

i = dimensión de la matriz (número de clases);
 a_{ii} = número de observaciones en la línea i , columna i ;
 $a_{i.}$ y $a_{.i}$ = total marginal de línea i y de columna i ,
 n = número total de observaciones

4. Resultados y discusión

4.1 Dinámica de los cambios de coberturas del suelo ocurridos entre 1984 y 2013

La Figura 2 muestra las coberturas del suelo que se obtuvieron mediante el procesamiento de las imágenes Landsat y Aster para los años 1984 y 2013.

La Tabla 1 muestra la cantidad de hectáreas que se ganaron y se perdieron en cada categoría de cobertura del suelo durante el periodo 1984-2013.

Los resultados muestran que en el periodo 1984-2013 fueron 768 ha que se transformaron entre las diferentes categorías. Las transformaciones más críticas corresponden al bosque natural fragmentado (BNF), puesto que en dicho periodo se perdieron 394 hectáreas que pasaron a ser dedicadas en su mayoría (348 has) a mosaico de pastos y cultivos (MPC). Cabrera y Ramírez (2014) sostienen al respecto que el incremento de las actividades antrópicas en los páramos ha sido reportado desde mucho tiempo atrás, y que en la actualidad los MPC es el tipo de cobertura de uso antrópico que más predominan en los páramos colombianos; esto se

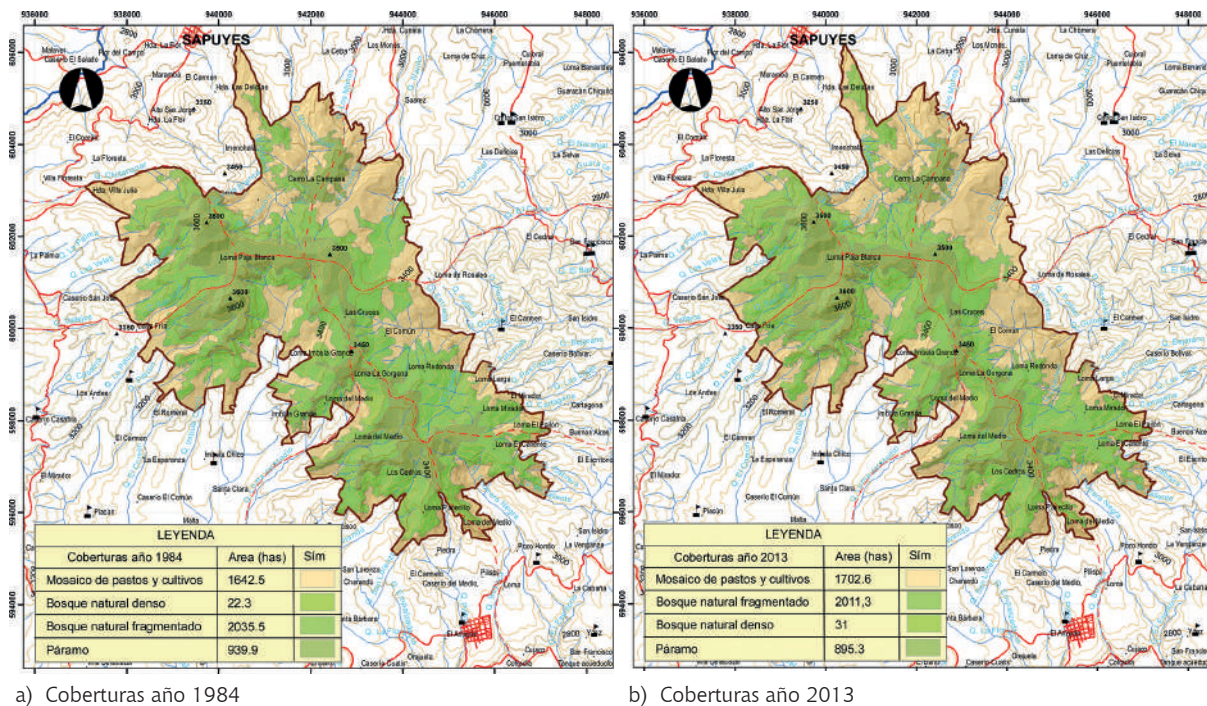


FIGURA 2.

Coberturas del suelo en el páramo de Paja Blanca: años 1984 y 2013

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 1. TABULACIÓN CRUZADA CON GANANCIA, PÉRDIDAS Y PERSISTENCIA DE COBERTURAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO PAJA BLANCA PARA EL PERIODO 1984-2013

1984/2013	BND	BNF	MPC	PA	Total	Pérdidas
Bosque natural denso (BND)	18,5	0,0	3,8	0	22,3	3,8
Bosque natural fragmentado (BNF)	12,3	1641,2	348,8	33,2	2035,5	394,3
Mosaicos de pastos y cultivos (MPC)	0,2	292,3	1350,0	0	1642,5	292,5
Páramo (PA)	0	77,8	0	862,1	939,9	77,8
Total	31,0	2011,3	1702,6	895,3	4640,2	
Ganancias	12,5	370,1	352,6	33,2		

Fuente: Elaboración propia.

debe, según Morales-Betancourt y Estévez (2006), a que, a diferencia de las selvas húmedas, los páramos pueden ser adaptados fácilmente para el cultivo y la ganadería con solo la quema de predios en los que el fuego se esparce fácilmente por acción de los fuertes vientos.

Hubo también 292 hectáreas de MPC que mediante procesos de protección y regeneración natural pasaron a ser en el año 2013 bosque natural fragmentado (BNF).

En bosque natural denso (BND), se presentaron más ganancias que pérdidas, que desde el punto de vista ambiental es bastante positivo, reflejando quizá que las gestiones de manejo del páramo por parte de Corponariño han logrado que las comunidades preserven los bosques fragmentados hasta el punto de que lleguen a un estado de BND.

Las coberturas de páramo (PA), ya sean herbáceas o arbustivas, sufrieron pocas transformaciones, presentándose casi 78 hectáreas de páramo que pasaron a ser BNF.

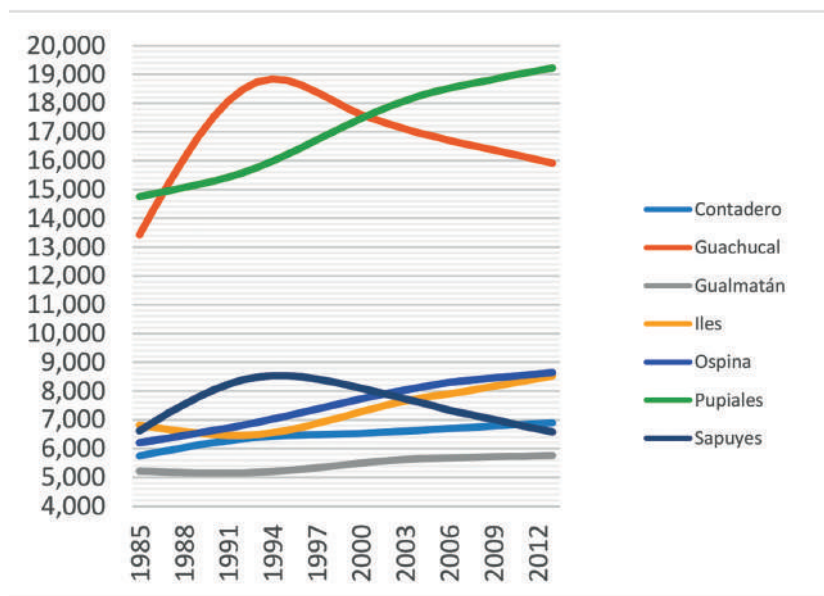
Cabrera y Ramírez (2014), como producto del resultado de la actualización del *Atlas de páramos de Colombia*, establecen unas categorías según el grado de intervención antrópica que han sufrido;

de acuerdo con esto, Paja Blanca presenta un grado de transformación baja, ya que las coberturas transformadas antrópicamente representan el 7,5% del total del páramo; siendo similar a otros páramos colombianos clasificados dentro de esta categoría y que presentan porcentajes casi similares como son: Guanacas-Puracé-Coconucos (7,34%), Chilí-Barragán (6,89%) y Chingaza (6,72%). Según estos autores, en estos páramos los esfuerzos de restauración deberían enfocarse a la contención y reconversión de la transformación del paisaje que contribuya a disminuir los procesos de fragmentación.

4.2 Principales factores que han incidido en los procesos de transformación del paisaje en el páramo de Paja Blanca

En el páramo de Paja Blanca, las comunidades interactúan directamente con los recursos naturales que ofrece este ecosistema, para solventar necesidades alimenticias y económicas; por ello, Corponariño (2007a) afirma que, en la zona de estudio, el crecimiento poblacional ha sido un factor determinante en las transformaciones del paisaje. La Figura 4 indica cómo ha sido la tendencia del crecimiento poblacional de los siete municipios que conforman el páramo de Paja Blanca desde el año 1985.

FIGURA 4.
Crecimiento poblacional
de los siete municipios que
integran el páramo
de Paja Blanca 1985-2013
Fuente: DANE (2013).



Según el censo poblacional de 1985, el total de población en los municipios del páramo de Paja Blanca fue de 58 788 habitantes, representando una densidad poblacional promedio de 127 habitantes/km², que es bastante superior a la densidad media del departamento de Nariño (45 hab/km²), y mucho mayor a la media nacional (36.3 hab/km²). Los municipios de Guachucal y Pupiales presentan la mayor población, doblando su cantidad al resto de municipios, sin embargo, la mayor densidad poblacional se presenta en los municipios de Iles y Sapuyes, con 155 y 190 hab/km², respectivamente. Para el posterior censo, en el año 2005, el total de población pasó a 71 111 personas, es decir, hubo un aumento del 20% (12 323 habitantes), y para el 2013, el DANE proyecta una población total de 71 519 habitantes.

El área de influencia directa del páramo Paja Blanca se compone de 27 veredas, con una población total de 6 950 personas, que corresponde al 13,08% del total de la población rural. Según Corponariño (2007a), sobre los 3 200 m. s. n. m. habitan 305 familias, con un total de 1 400 personas aproximadamente, que

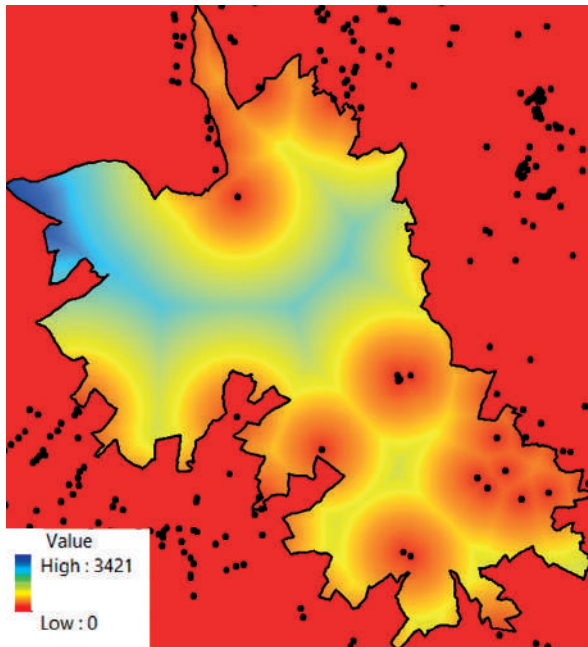
representa el 2,4% del total de la población rural. De acuerdo con Corponariño (2010), el 56% de la población que habita en el interior del área del páramo tiene 30 años o menos, y su distribución por género es de 51,06% hombres y 48,94% mujeres.

Posiblemente la presencia de gente en las partes altas del páramo obedezca a una situación socioeconómica relacionada con la tenencia de la tierra; las partes bajas ya han sido lo suficientemente explotadas, lo que ha obligado a algunos campesinos a buscar tierras más productivas hacia zonas de más altura, donde las condiciones edafológicas son más favorables. Al respecto, Corponariño (2007a) concluye que “la totalidad del páramo de Paja Blanca está ocupado, no existen baldíos, sus propietarios en más del 70% habitan en el páramo y por ende de acuerdo a las condiciones económicas, sociales y culturales deben su sustento de lo que producen en el mismo” (p. 154).

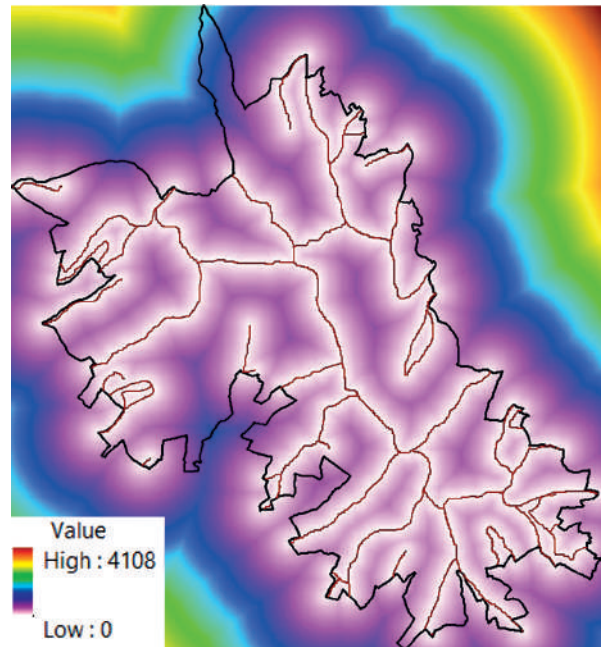
Los resultados con respecto a si los valores de densidad poblacional de cada uno de los siete municipios que hacen parte de Paja Blanca predisponen una

mayor ocurrencia de unas categorías temáticas de ocupación del suelo, antes que otras, no mostraron relación alguna; se presentaron coeficientes de Cramer's V bastante bajos, lo que indica independencia

entre estas dos variables. Las regresiones logísticas entre las vías y viviendas (Figura 5) y su relación con las áreas transformadas (Figura 6) mostraron un ROC bastante alto (Tabla 2).



a)



b)

FIGURA 5.
Distancias euclidianas de viviendas (a) y vías (b) en el páramo de Paja Blanca
Fuente: *Elaboración propia.*

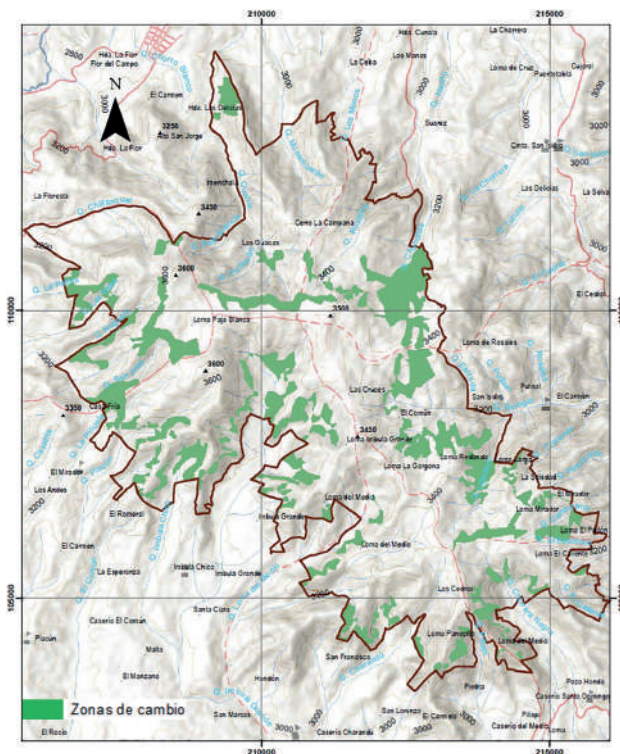


FIGURA 6.
Áreas transformadas o de cambio entre 1984 y 2013 en el páramo de Paja Blanca
Fuente: *Elaboración propia.*

TABLA 2. VALORES DE REGRESIÓN LOGÍSTICA ENTRE ÁREAS TRANSFORMADAS Y DISTANCIA A VÍAS Y VIVIENDAS EN EL PÁRAMO DE PAJA BLANCA.

VARIABLES	COEFICIENTE	INTERCEPT	ROC
Distancia a vías	-0,00252141	-1,49074172	0,76
Distancia a viviendas	0,00117711	-3,43462289	0,81

Fuente: *Elaboración propia.*

Los resultados indican que a pesar de mostrar un ROC alto, el comportamiento es diferente en estas variables; así, la distancia a las viviendas presenta un coeficiente positivo, es decir, un aumento en una unidad de estas distancias aumenta las áreas transformadas, lo que revela que los cambios en el paisaje no se dan necesariamente en las cercanías a las viviendas. Por el contrario, en la distancia a las vías, el coeficiente es negativo, indicando que hay más transformaciones en áreas cercanas a estas. Este comportamiento es de esperarse, pues tal como se observa en la Figura 5(b), la distribución de vías, como son caminos y carreteras, atraviesan casi toda el área del páramo, facilitando de esta manera la accesibilidad y también el transporte de madera, leña y productos agrícolas. Resultados similares han sido encontrados en otros estudios como son Abadía (2011), Henríquez-Dole (2012) y Díaz-Pacheco y Hewitt (2013), demostrando que las vías son causantes de las transformaciones de los paisajes. La Tabla 3 muestra los resultados de regresión logística que se obtuvieron entre las áreas transformadas y las variables biofísicas relieve, distancia a ríos y pendientes.

La Tabla 3 indica ajustes significativos en los modelos, donde el relieve y las pendientes al presentar un coeficiente positivo están mostrando que las transformaciones se acentúan en zonas altas y de bastante pendiente; esto se debe a que las condiciones de suelo son más apropiadas en estos lugares, lo que favorece para que se den procesos de transformación, ya sea para la agricultura y los pastos o también para el aprovechamiento de madera o leña.

En lo que respecta a la distancia a los ríos y quebradas, el modelo muestra buenos ajustes con coeficiente negativo, es decir, que las transformaciones se presentan en áreas cercanas a este componente biofísico. Este se explica en el sentido que el agua de las quebradas favorece para que se desarrollen actividades agropecuarias, como son los pastos y los cultivos. Resultados similares se han encontrado en otros ámbitos, como, por ejemplo, el estudio realizado por Gómez y Botero (2014), donde encontraron que las transformaciones del paisaje en las regiones del Bajo Cauca y Nordeste del departamento de Antioquia en Colombia fueron más acentuadas en zonas cercanas a los ríos.

TABLA 3. VALORES DE REGRESIÓN LOGÍSTICA ENTRE ÁREAS TRANSFORMADAS Y LAS VARIABLES: RELIEVE, DISTANCIA A RÍO Y PENDIENTES EN EL PÁRAMO DE PAJA BLANCA

PÁRAMO	RELIEVE		DISTANCIA RÍOS		PENDIENTES	
	Coefficientes	ROC	Coefficientes	ROC	Coefficientes	ROC
Paja Blanca	0,000527	0,78	-0,00307	0,75	0,0390	0,82

Fuente: *Elaboración propia.*

4.3 Simulación del paisaje del páramo de Paja Blanca para los próximos 30 años

Una vez identificados y analizados los principales cambios de cobertura entre los periodos de 1984 y 2013, se procedió en primera instancia a la selección de variables, cuyo patrón espacial manifieste algún tipo de comportamiento que se crea que puede tener relación con el patrón de localización de cada uno de los cambios de coberturas que se identificaron. Las variables seleccionadas se indican en la tabla 4 con sus correspondientes valores del test de Cramer's V.

La Tabla 4 muestra que las pendientes, el relieve, la distancia a los ríos y las distancias a las viviendas aledañas ejercen cierto grado de influencia en la ubicación espacial de los mosaicos de pastos y cultivos. En las coberturas de páramo, las variables que ejercen mayor influencia fueron la pendiente y el relieve. El bosque natural denso no presentó relación con ninguna variable; y el bosque natural fragmentado manifestó tener influencia del relieve y la distancia a las viviendas.

4.3.1. Transiciones potenciales

Las transiciones más importantes de cambios de cobertura entre 1984 y 2013 fueron las siguientes:

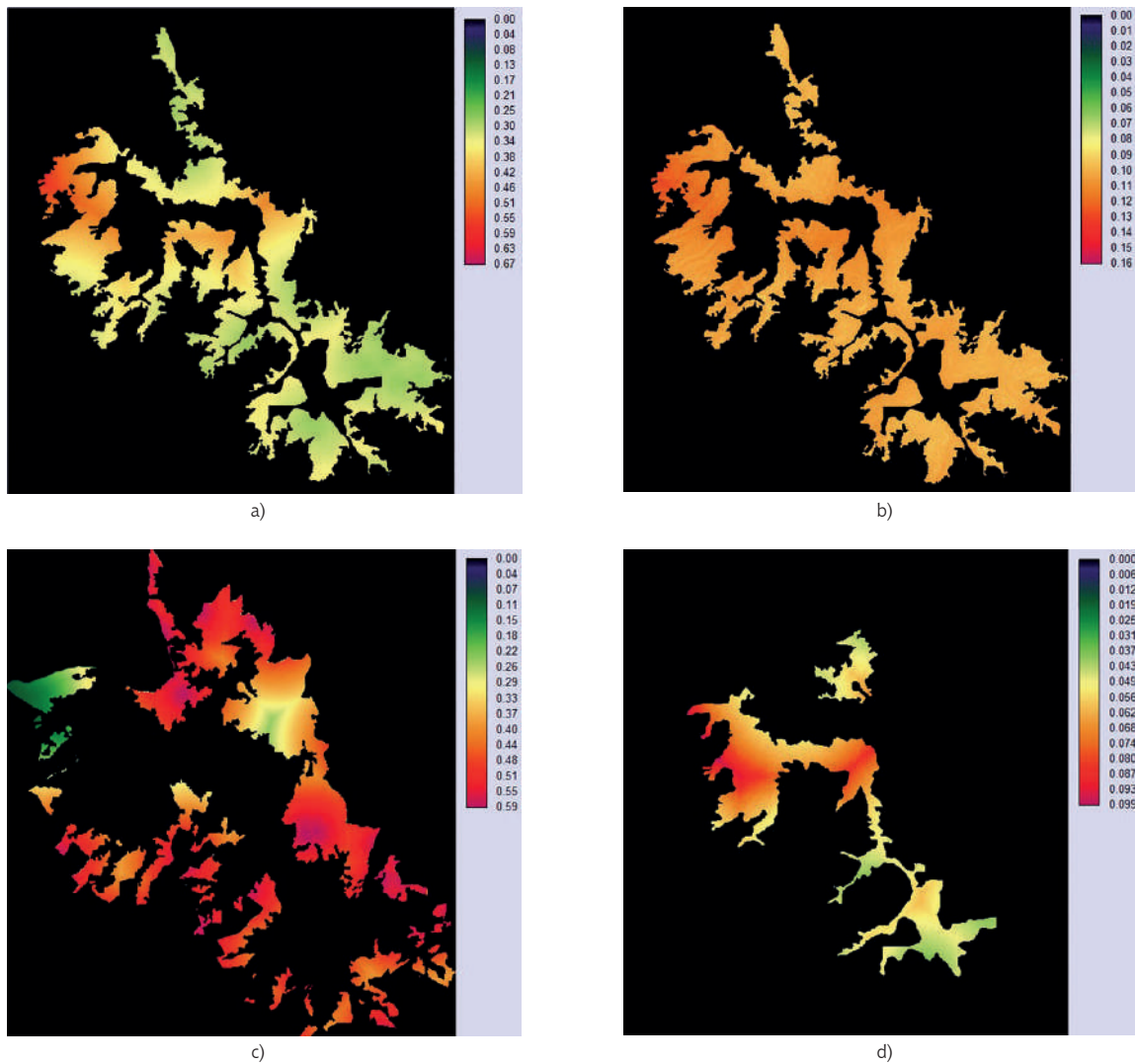
- Bosque natural fragmentado (BNF) a mosaico de pastos y cultivos (MPC)
- Bosque natural fragmentado (BNF) a páramo (PA)
- Mosaico de pastos y cultivos (MPC) a bosque natural fragmentado (BNF)
- Páramo (PA) a bosque natural fragmentado (BNF).

Con estas transiciones, y considerando las variables anteriores, en el módulo LCM de Idrisi se realizaron los mapas potenciales de transición con interacciones que variaron entre 5.000 y 10 000, y niveles de precisión mayores al 80%; los resultados se pueden apreciar en la Figura 7.

TABLA 4. ÍNDICE DE CRAMER'S V PARA LAS VARIABLES BIOFÍSICAS Y LAS DIFERENTES CATEGORÍAS DE COBERTURAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE PAJA BLANCA

COBERTURAS	VARIABLES				
	PENDIENTE	RELIEVE	DISTRIOS	DISTVIAS	DISVIVIENDAS
Mosaico de pastos y cultivos	0,27	0,53	0,16	0,12	0,32
Páramo	0,17	0,5	0,08	0,08	0,13
Bosque natural denso	0	0,02	0	0	0
Bosque natural fragmentado	0,03	0,31	0,06	0,04	0,14

Fuente: *Elaboración propia.*

**FIGURA 7.**

Mapas potenciales de transición de BNF-MPC (a), BNF-PA (b), MPC-BNF (c) y PA-BNF (d), en el páramo de Paja Blanca, obtenidos en el módulo LCM de Idrisi

Fuente: *Elaboración propia.*



En estos mapas podemos observar que los valores del potencial en la escala de 0 a 1 son más amplios en la transición de BNF a MPC, y se acentúa hacia el sector occidental, en las veredas San José de Chillanquer y Villanueva, del municipio de Guachucal. Los valores de menos potencial se presentan para la transición PA-BNF.

Con los anteriores mapas potenciales de transición, en el programa Idrisi Selva, con el módulo LCM se simularon las coberturas para los próximos 30 años (1942); como resultado se ha obtenido una matriz de probabilidades de cambio (Tabla 5), una matriz de áreas de cambio (Tabla 6) y un mapa con la localización de las coberturas simuladas para el año 2042 (Figura 8).

TABLA 5. MATRIZ DE PROBABILIDADES DE CAMBIO DE COBERTURAS DEL SUELO EN PÁRAMO DE PAJA BLANCA PARA EL PERIODO 2013-2042

CATEGORÍAS	BND	BNF	MPC	PA
Bosque natural denso (BND)	0,7	0	0,3	0
Bosque natural fragmentado (BNF)	0,01	0,69	0,28	0,03
Mosaico de pastos y cultivos (MPC)	0	0,3	0,7	0
Páramo (PA)	0	0,22	0	0,78

Fuente: *Elaboración propia.*

Observamos en la Tabla 5 que, para el año simulado, las probabilidades de permanencia de cada categoría de cobertura son casi más del 70%; también se evidencia que existe una probabilidad del 28% y 30% de que las coberturas de BNF y BND respectivamente cambien a MPC, es decir, de continuar con las tendencias actuales, los bosques que aún predominan pueden llegar a alterarse por factores antrópicos. Sin embargo, se presenta una probabilidad del 30% de que algunas áreas de MPC cambien a BNF, lo cual demuestra que la tendencia a futuro es a que, mediante procesos de conservación, restauración ecológica y regeneración natural, se reconviertan áreas de uso antrópico a bosques naturales, lo cual es importante para la estabilidad ecológica del páramo.

La Tabla 6 indica las áreas (hectáreas) que posiblemente pueden cambiar de una categoría de cobertura a otra en el periodo simulado; en ella se evidencia que sumando las áreas de BND, BNF y PA que cambian a

otras categorías mediante procesos de deforestación, obtenemos 486,8 ha afectadas antrópicamente, que corresponde a una tasa de deforestación anual de 16 has/año; es decir, la tendencia a futuro con el comportamiento actual es de mantenerse la misma tasa de deforestación anual que se presenta para el periodo 1984-2013. De esta manera, la simulación advierte que el páramo de Paja Blanca se mantendrá como un páramo clasificado según Cabrera y Ramírez (2014) como de baja transformación.

Se muestra también en la Tabla 6 casi 400 hectáreas de BNF transformadas a MPC, indicando que ahora que Paja Blanca ha sido declarado como Parque Natural Regional, sería de mucha importancia así como lo plantea Morales-Betancourt y Estévez (2006), que las instituciones encargadas el manejo del páramo adelanten programas y proyectos en los cuales sus habitantes no sean catalogados como “problema” o como “generadores de conflictos”, sino que se los involucre en procesos de recuperación del ecosistema

TABLA 6. MATRIZ DE ÁREAS DE CAMBIO DE COBERTURAS DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE PAJA BLANCA PARA EL PERIODO 2013-2042

CATEGORÍAS	BND	BNF	MPC	PA
Bosque natural denso (BND)	25,1	0	6	0
Bosque natural fragmentado (BNF)	14,1	1561,5	398,3	37,4
Mosaico de pastos y cultivos (MPC)	0	349,7	1353	0
Páramo (PA)	0	82,8	0	812,5

Fuente: *Elaboración propia.*

y en la educación ambiental de los visitantes. Estos autores manifiestan que “[...] debe reconocerse que los habitantes del páramo son parte integral de éste y deben ser entendidos como parte de la comunidad biótica paramuna, no como un accesorio que debe ser removido o del que puede prescindirse” (p. 44).

La Figura 8 presenta la ubicación espacial de las coberturas del suelo que se simularon para los próximos 30 años. Según este mapa, las áreas de BNF que se afectan por procesos antrópicos está más acentuada en los municipios de Guachucal y Sapuyes, especialmente en las veredas San José de Chllanquer, Villanueva y Maramba, localizadas al extremo noroccidental del páramo de Paja Blanca. También indica que en el municipio de Sapuyes, en las veredas La Campana y Los Monos, se presentan importantes áreas de MPC que se convierten a BNF;

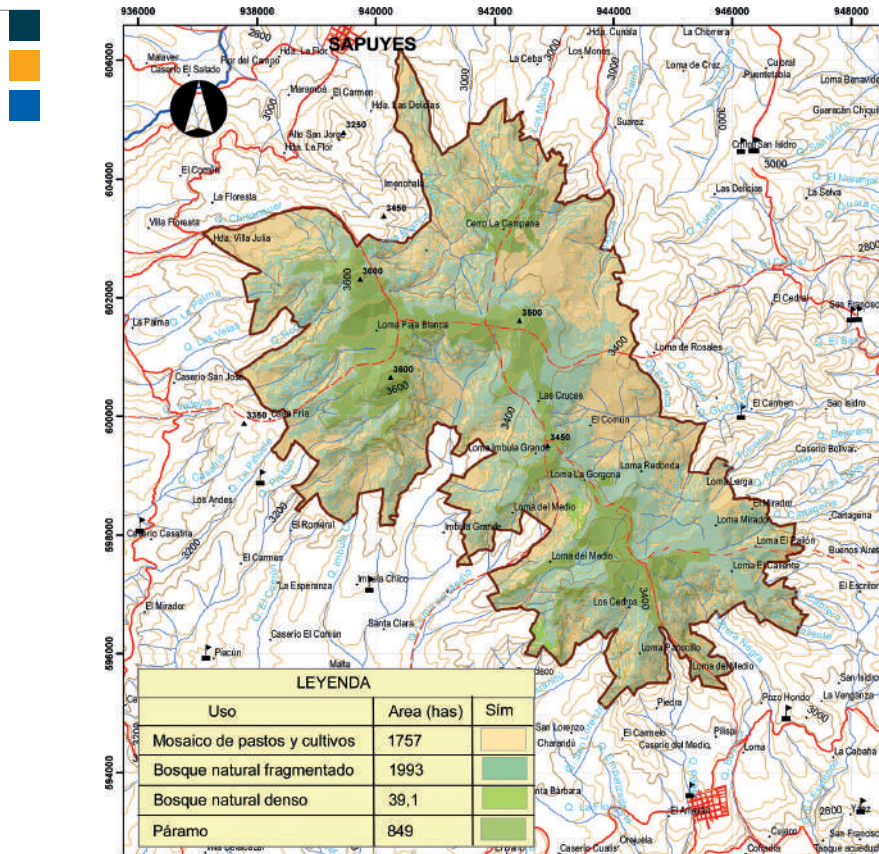
situación similar ocurre en la vereda Villa Sur del municipio de Ospina, y en la vereda Chorrera Negra del municipio del Cotandero.

Cabe resaltar que en el año 2015, dos años después de que se formuló el presente proyecto, el límite oficial de Paja Blanca, en su declaración oficial como Parque Natural Regional, fue diferente al tomado en este estudio, ya que el actual límite considera una superficie de 3.107 ha, es decir, se excluyeron todas las áreas de mosaico de pastos y cultivos, manteniéndose las áreas de bosque natural denso, bosque natural fragmentado y páramo. Esto quiere decir que los datos hallados en este estudio no dejan de evidenciar una situación preocupante al estimar 400 ha de bosque natural fragmentado que se encuentran en el actual límite que pasaran a ser mosaico de pastos y cultivos. De igual forma,

FIGURA 8.

Mapa de coberturas del suelo del páramo de Paja Blanca, simuladas para el año 2042.

Fuente: *Elaboración propia.*



muestra la importancia de que los límites oficiales sean claramente delimitados en el terreno y, sobre todo, de que se adelante un programa de compra de predios para evitar su alteración limítrofe.

Desde el año 1997 hasta la fecha se han realizado tres (3) propuestas de delimitación, cada una de ellas condicionada por algunos factores fisicobióticos, especialmente las coberturas del suelo. Si no se establecen políticas claras y efectivas de conservación y manejo, es posible que dicho límite cada vez sea menor, como producto de los cambios en las coberturas que las simulaciones indican.

4.3.2. Validación del modelo

En vista de que no fue posible adquirir una imagen satelital actual (2016) para realizar un mapa y corroborar la exactitud del modelo, se decidió hacer un levantamiento de 50 puntos GPS en campo con el fin de registrar las coberturas observadas y con ello compararlas con un mapa simulado para el año 2016, a través de una matriz de confusión. La Tabla 7 indica los valores de la matriz de confusión, donde se puede apreciar una exactitud global del 76%, y

un índice de Kappa del 64%, que según López de Ullibarri-Galporsoro y Pita-Fernández (1999) es considerado como bueno.

5. Conclusiones

En el periodo de 1984-2013, las transformaciones más sobresalientes corresponden al cambio de bosque natural fragmentado a mosaico de pastos y cultivos, y viceversa; indicando que hubo procesos de deforestación, pero también se presentó la reconversión de praderas y áreas agrícolas a bosques, que desde el punto de vista ambiental es bastante importante para la estabilidad del páramo.

La presencia de coberturas de páramo propiamente dicho, como son herbáceas y arbustivas, aproximadamente ocupa el 20% de todo el territorio de Paja Blanca, cuyas transformaciones o cambio hacia otras categorías no fueron significativas o alarmantes, pues solo se perdieron 78 hectáreas. Esto quizá sea un indicador de efectividad de las gestiones adelantadas por Corponariño en pro de la protección y conservación del páramo.

TABLA 7. MATRIZ DE CONFUSIÓN, PARA LAS COBERTURAS DEL PÁRAMO DE PAJA BLANCA SIMULADAS PARA EL AÑO 2016 Y DATOS RECOLECTADOS EN CAMPO

COBERTURAS	BND	BNF	MPC	PA	TOTAL	EXAC PRODUCT	ERROR DE OMISIÓN
Bosque natural denso	4	0	0	0	4	100,0	0,0
Bosque natural fragmentado	1	10	3	0	14	71,4	28,6
Mosaico de pastos y cultivos	0	2	19	4	25	76,0	24,0
Páramo	0	0	2	5	7	71,4	28,6
Total	5	12	24	9	50		
Exact usuario	80,0	83,3	79,2	55,6		(4+10+19+5)/50*100 = 76	
						Exactitud global = 76%	
Error comisión	20,0	16,7	20,8	44,4		Índice de Kappa = 64%	

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos en este estudio, se presenta una discrepancia con respecto a la tasa de deforestación anual que reporta Corponariño (2007b), de 11 has/año, ya que el análisis multi-temporal realizado indica una pérdida de cobertura de bosque de 16 hectáreas al año, donde el factor antrópico es el causante de dicho comportamiento.

La densidad poblacional no mostró ser un factor causante de las transformaciones en el páramo de Paja Blanca, ni siquiera la distancia a las viviendas; pero se encontró una estrecha relación entre la distancia a las vías y áreas transformadas. Esto demuestra que las actividades antrópicas que causan el cambio no necesariamente provienen de quienes habitan

directamente en el páramo. La tendencia futura del páramo de Paja Blanca es a mantenerse la misma tasa de deforestación (16 has/año), situación que lleva a pensar que se necesitan medidas de gestión más contundentes que logren bajar esta tasa.

El modelo de simulación obtenido presentó un buen ajuste y precisión, convirtiéndose en una herramienta muy importante para los procesos de toma de decisiones de quienes se encargan de la administración y gestión del páramo; sin embargo, se necesitan explorar otras variables socioeconómicas y políticas que puedan tener influencia en los cambios de cobertura, y que lleven a obtener un modelo con mucha mayor precisión.



Referencias

- Abadía, J.G. (2011). Cambios en la cobertura del paisaje y fuerzas conductoras en los Llanos Orientales Colombianos (Puerto López, Meta), 1988-2007 (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12443>
- Aldana, J. (2011). Transformación físico-espacial de los paisajes boscosos del sector sur del Parque Nacional Natural los Katíos (1989-2010). *Perspectivas Geográficas*, 16, 31-54. Recuperado de revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1749
- Bertrand, G. (1968). Paysage et géographie physique globales: esquisse methodologique. *Révue de Géographie des Pyrénées et Sud-Ouest*, 39, 249. Recuperado de http://www.persee.fr/doc/rgpso_0035-3221_1968_num_39_3_4553
- Bonilla, A. (1985). Situación ambiental de Costa Rica. San José, Costa Rica: Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes.
- Cabrera, M. y Ramírez W. (Eds.). (2014). Restauración ecológica de los páramos de Colombia. Transformación y herramientas para su conservación. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Recuperado de <http://humboldt.org.co/es/component/k2/item/562-restauracion-paramos>
- Chander, G. y Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2678. Recuperado de ieeexplore.ieee.org/document/1245255
- Chávez, P. S. (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62, 1025-1036. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/236769129_Image-Based_Atmospheric_Corrections_-_Revisited_and_Improved
- Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección (3ª ed.). Madrid: Ediciones RIALP.
- Clark Labs. (2006). IDRISI Andes software. Worcester, M. A.: Clark University.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37-46. Recuperado de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/001316446002000104>
- Congalton, R. Lunetta, R., Fenstermaker, L., Jensen, J.R., McWire, K. y Tinney, L. (1991). Remote sensing and geographic information system data integration: error sources and research issues. *Photogram. Eng. Rem. Sensing*, 57, 677-687.
- Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño). (2007a). Plan de manejo páramo de Paja Blanca. Ipiales, Nariño: Corponariño.
- Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño). (2007b). Tomo II. Informe final: Proyecto estado del arte de la información biofísica y Socioeconómica de los páramos de Nariño: caracterización biofísica de los páramos de Nariño. Nariño: Corponariño.
- Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño). (2010). Declaratoria del parque natural regional páramo de Paja Blanca, territorio sagrado del pueblo de los Pastos. Nariño: Corponariño.

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2013).
- Díaz-Pacheco, J. y Hewitt, R. (2013). Modelado del cambio de usos de suelo urbano a través de redes neuronales artificiales. Comparación con dos aplicaciones de software. *GeoFocus*, 14, 1-22. Recuperado de geofocus.rediris.es/2014/Articulo1_2014.pdf
- Gómez-Zotano, J. y Riesco, P. (2010). *Marco conceptual y metodológico para los paisajes españoles. Aplicación a tres escalas espaciales*. Sevilla: Consejería de Obras Públicas y Vivienda.
- Gómez, L. y Botero, V. (2014). Análisis comparativo de dos modelos de deforestación: redes neuronales artificiales y regresión logística. XVI Simposio Internacional SELPER. Medellín, Colombia. 23 p.
- Hartshorn, G. (1983). *Costa Rica perfil ambiental*. San José, Costa Rica: Trejos.
- Henríquez-Dole, L. (2012). Escenarios futuros de uso de suelo para el análisis del efecto del cambio global en los recursos hídricos aplicado al acuífero de la Mancha Oriental (tesis de maestría). Universitat Politècnica De València, España.
- Isasi, N. y Galván, M. (2004). *Redes Neuronales Artificiales: un enfoque práctico*. Madrid: Pearson Education, S. A.
- López de Ullibarri-Galparsoro I. y Pita-Fernández, S. (1999). Medición de concordancia: Índice de Kappa. *Cad Aten Primaria*, (6), 169-171. Recuperado de <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>
- Morales-Betancourt, J. y Estévez-Varón, J. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? *Revista Lunazul*, 22, 1-13. Recuperado de <https://isfcolombia.uniandes.edu.co/images/documentos/paramoextinsion.pdf>
- Pérez, S. y Protti, F. (1978). *Comportamiento del sector forestal durante el período 1950-1977*. San José: Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria.
- Pineda-Jaimes, N., Bosque-Sendra, J., Gómez-Delgado, M. y Plata-Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*, 69, 33-52. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n69/n69a4.pdf>
- Sandoval, V. y Oyarzun, V. (2004). Modelamiento y prognosis espacial del cambio en el uso del suelo. *Quebr@cho: Revista de Ciencias Forestales*, 11, 9-21. Recuperado de <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/quebracho/01-sandoval-oyarzun-q11.pdf>
- Thome, K., Palluconi, F., Takashima, T. y Masuda, K. (1998). Atmospheric correction of ASTER. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4), 1199-1211.
- Wooster, M. J. (1996). Orbit calibration of the ATSR1 1.6 mm channel using high resolution data from the JERS1 (Fuyo1) optical sensor. *International Journal of Remote Sensing*, 17(5), 1069-1074.



Accesibilidad física de la población a servicios de salud pública en San Pelayo y Cereté, Córdoba, Colombia, año 2015



PHYSICAL ACCESSIBILITY OF THE POPULATION TO PUBLIC HEALTH SERVICES IN SAN PELAYO AND CERETÉ, CÓRDOBA, COLOMBIA, YEAR 2015

ACESSIBILIDADE FÍSICA DA POPULAÇÃO AOS SERVIÇOS DE SAÚDE PÚBLICA EM SAN PELAYO E CERETÉ, CÓRDOBA, COLÔMBIA, ANO 2015

FRANCISCO JAVIER Hernández Gene¹

ROSANA GARNICA Berrocal²

Recepción:

3 de abril de 2017

Evaluación:

31 de octubre de 2017

Aprobación:

16 de noviembre de 2017

Para citar este artículo: Hernández Gene, F. J. y Garnica Berrocal, R. (2017). Accesibilidad física de la población a servicios de salud pública en San Pelayo y Cereté, Córdoba, Colombia, año 2015. *Perspectiva Geográfica*, 22(2), 67-84. doi: 10.19053/01233769.5956

Resumen

Este artículo analiza la accesibilidad física de la población a servicios de salud pública, como los Centros de Salud, los Centros de Atención Médica Urbana (CAMU), ambos

1 Geógrafo de la Universidad de Córdoba. Miembro del grupo de investigación Estudios Urbano-Regionales del Caribe Colombiano. geojavier.11@gmail.com

2 Arquitecta de la Universidad Santo Tomás de Aquino (seccional Bucaramanga, Colombia), especialista en Administración y Planificación del Desarrollo Regional con énfasis en Ordenamiento Territorial (Universidad de Los Andes, Colombia) y Magíster en Geografía (Universidad de Córdoba, Colombia). Docente de planta de la Universidad de Córdoba, programa de Pregrado en Geografía. rgarnica@correo.unicordoab.edu.co, gama79@gmail.com

de I nivel de atención, y el Hospital (II nivel), en las municipalidades de San Pelayo y Cereté, Colombia. Las variables físico-espaciales, cualitativas (medio de transporte, tipo de vía) y cuantitativas (velocidades según tipo de vía, número de habitantes, tiempos de recorrido) determinan las categorías de accesibilidad física según el tiempo de recorrido (óptima, favorable, desfavorable, muy desfavorable) para cada tipo de equipamiento. En el occidente del territorio, el relieve acolinado es desfavorable para acceder a los servicios de salud, por las largas distancias de recorrido y en el oriente, la zona plana (planicie aluvial del río Sinú) y la accesibilidad es favorable y óptima. El 80% de la población se moviliza en motocicleta debido a la ausencia de transporte público y a la existencia de vías sin pavimentar (93,7%) cuyas velocidades no superan los 40 km/h.

Palabras clave: *accesibilidad física, Cereté, Colombia, desigualdad social, población, San Pelayo, servicios de salud pública.*

Abstract

This article analyzes the physical accessibility of the population to public health services, such as Health Centers, the Urban Health Care Centers (CAMU), Hospital), both at the I level of care, and the Hospital (II level) in municipalities of San Pelayo and Cereté (Colombia). The physical-spatial, qualitative variables (means of transport, type of track) and quantitative variables (velocities according to road type, number of inhabitants, travel times) determine physical accessibility categories through travel time (optimal, favorable, unfavorable, very unfavorable) for each type of equipment. In the west of the territory, the relief is unfavorable to access the health services, for the long distances of travel and the east, the flat area (alluvial plain of the river Sinu) accessibility is favorable and optimal. The principal conveyance is motorcycle (80%) since public transport not exist either pavement roads (93,7%); the speed don't exceed 40 km-h.

Keywords: *Physical accessibility, Cereté, San Pelayo, Colombia, Public health services, social inequality, population.*

Resumo

Este artigo analisa a acessibilidade física da população aos serviços de saúde pública, como os Postos de Saúde, os Centros de Atenção Médica Urbana (CAMU), ambos de I nível de atenção, e o Hospital (II nível), nas municipalidades de San Pelayo e

Cereté, Colombia. As variáveis físico-espaciais, qualitativas (médio de transporte, tipo de via), e quantitativas (velocidades segundo tipo de via, número de habitantes, tempos de recorrido), determinam as categorias de acessibilidade física segundo o tempo de recorrido (ótima, favorável, desfavorável, muito desfavorável) para cada tipo de equipamento. No oeste do território, o relevo colinoso é desfavorável para acessar aos serviços de saúde pelas longas distâncias de recorrido, e no leste, a zona plana (planície aluvial do rio Sinú) a acessibilidade é favorável e ótima. O 80% da população mobiliza-se de motocicleta devido à ausência de transporte público e à existência de vias sem asfaltar (93,7%) cujas velocidades não superam os 40 km/h.

Palavras chave: *acessibilidade física, Cereté, Colômbia, desigualdade social, população, San Pelayo, serviços de saúde pública.*

1. Introducción

En Colombia, la Constitución Política de 1991 en su artículo 49 y la Ley 1751 del 17 de febrero de 2015, aprobada por el Congreso de la República, mediante la cual se regula el derecho fundamental a la salud y se dictan otras disposiciones, define la salud como un servicio público a cargo del Estado, de carácter obligatorio, en el que se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud y el acceso a la igualdad en términos de la accesibilidad (económica y física), entre otros, como elemento y principio del derecho fundamental a la salud (Artículo 6 de la Ley 1751).

Los servicios de salud son de gran importancia y juegan un papel fundamental en la sociedad, ya que de estos depende el desarrollo, bienestar y la calidad de vida de las personas que habitan un territorio, por lo cual la accesibilidad geográfica a estos servicios, en específico a Centros de Salud, Centros de Atención

Médica Urbana (en adelante CAMU)³, clasificados en el primer nivel de complejidad y Hospitales en el segundo nivel de atención, como lo reglamenta el Ministerio de Salud de la República de Colombia en la Resolución número 5261 de 1994, es una obligación. Ello implica la existencia misma de los servicios y la facilidad de la población para acceder a estos en términos físicos (accesibilidad física) y económicos (accesibilidad socioeconómica). Estos criterios en su conjunto conforman la definición de la accesibilidad geográfica, según lo definen Escalona y Diez (2002).

Es de anotar que la accesibilidad geográfica a servicios de salud es un tema tratado a nivel mundial, regional y nacional, sobresaliendo en España autores como Escalona y Diez (2002) y Rodríguez (2010); en Ruanda (África), Huerta y Källestål (2012); en

3 Los Centros de Salud son ambulatorios (consulta médica general y/o personal auxiliar, y otros profesionales de la salud), mientras que en los CAMU la atención es ambulatoria especializada en urgencias, medicina especializada en ginecología y obstetricia, sin ser quirúrgica. A diferencia de los anteriores, el Hospital cuenta con urgencias, hospitalización, cirugía, apoyo diagnóstico y terapéutico.

Argentina, Ramírez (2009) y Villanueva (2010), y en Colombia, Pérez (2013), entre otros. Ellos tienen en cuenta las distancias empleadas bien sea en longitud (metros) o tiempo (minutos), según el tipo de vía y medio de transporte utilizado, relacionados con la cantidad de población por área que accede a los equipamientos de salud.

Por su parte, la accesibilidad física, la cual es objeto central de este artículo, se refiere a la existencia del servicio y a los medios para llegar hasta este. Igualmente, se entiende como accesibilidad potencial, estudiada a través de variables relativas a la localización de centroides (centro geométrico de los corregimientos y las áreas urbanas), el número de habitante de tales áreas, su distancia a la demanda del servicio como son centros de salud, CAMU y Hospital (Joseph y Phillips citado por Escalona y Díez, 2002).

A pesar de no ser abordada la accesibilidad socioeconómica en este artículo, esta se trata de la capacidad que tiene la población para usar tal servicio, permite valorar la calidad de este (buena o mala), de acuerdo con los horarios de atención, tiempo de espera para ser atendido y condiciones que regulan su funcionamiento, por ejemplo, días a la semana en ofrecer atención a los usuarios, etc.

En este sentido, en Colombia y particularmente en las municipalidades de Cereté y San Pelayo, existen desigualdades e inequidades en términos de accesibilidad física hacia los servicios de salud pública, ya que las personas utilizan los servicios de manera diferencial, bien sea por la existencia de grandes diferencias en términos de distancias entre unos servicios y otros (centros de salud, CAMU, Hospital), influenciadas por los tipos de vías por las cuales transitan, generando largos y cortos tiempos de recorrido en unas áreas que comparadas entre

sí registran valores distintos (desiguales) por las velocidades permitidas a lo largo de su circulación, en asociación con el medio de transporte utilizado.

El objetivo del artículo es analizar la accesibilidad física de la población a los servicios de salud pública ofertados en el área de estudio para explicar las condiciones físicas mediante las cuales la población accede a estos, a través de la medición de variables físico-espaciales. Para ello se inicia con la definición del medio de transporte más utilizado por la población para dirigirse a los servicios de salud, posteriormente se realiza una clasificación vial, se determinan las velocidades a las cuales se puede circular dependiendo del tipo de vía, se operacionalizan los indicadores tiempos de recorridos (isócronas hacia cada tipo de servicios de salud pública), número de personas por unidad espacial en el área de estudio, teniendo en cuenta la localización de los equipamientos de salud pública y los centros poblados (división político-administrativa rural de los municipios en Colombia). A partir de lo anterior, se determinan las categorías de accesibilidad física (óptima, favorable, desfavorable, muy desfavorable) para cada tipo de equipamiento con base en Escalona y Díez (2002).

Esta investigación es abordada desde la Geografía de la Salud mediante el uso del enfoque de localización de los servicios, el cual se originó con la institucionalización del paradigma cuantitativo de fuerte influencia positivista en la comunidad geográfica, durante la década de los cincuenta, teniendo gran receptividad por geógrafos que se interesan por el equipamiento sanitario, su distribución y accesibilidad geográfica, etc. (Borroto, Somarribas y Chamizo, 1994). Así, el presente trabajo constituye una línea base para la planificación del desarrollo urbano y territorial, las cuales son de competencia

de las entidades privadas y públicas de nivel local, departamental y nacional (promotoras de salud, alcaldías, gobernación, secretarías de salud, Ministerio de la Protección Social, entre otras), buscando mejorar la calidad de vida de la sociedad a partir de la comprensión de la importancia que adquieren los servicios de salud pública y su relación con la población en cuanto a su accesibilidad física.

2. Área de estudio

Los municipios de San Pelayo y Cereté están localizados al norte de Colombia en la parte noroccidente del departamento de Córdoba en una extensión aproximada de 72 715 hectáreas, limitando al norte con los municipios de Loricá, Cotorra, Chimá; al oriente con Ciénaga de Oro, al extremo sur con Montería, San Carlos y hacia el occidente con Puerto Escondido (Figura 1).

Las unidades espaciales son los 21 corregimientos (áreas rurales) que conforman el área de estudio, distribuidos en 12 que pertenecen al municipio de San Pelayo, como son: Bongamella, Buenos Aires,

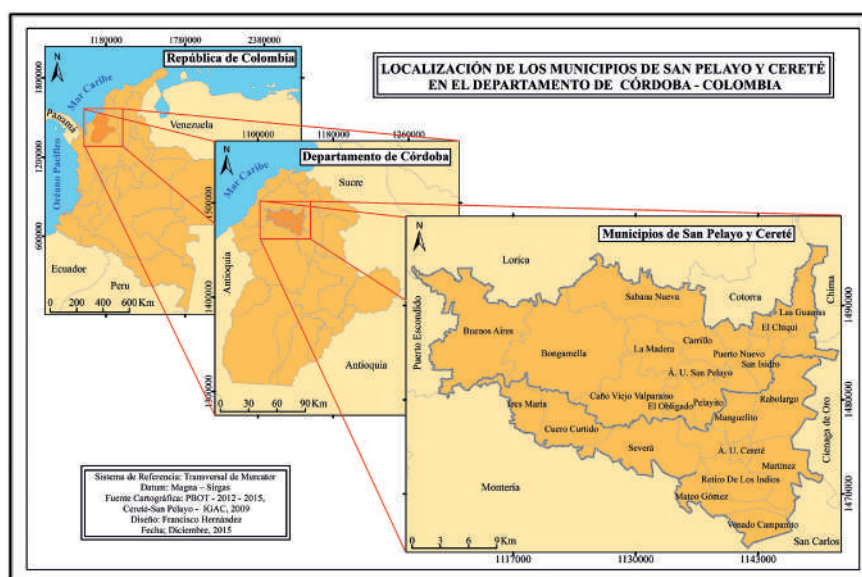
Caño Viejo Valparaíso, Carrillo, El Chiquí, El Obligado, La Madera, Las Guamas, Pelayito, Puerto Nuevo, Sabana Nueva, San Isidro, y 9 restantes de Cereté, Cuero Curtido, Manguelito, Martínez, Mateo Gómez, Rabolargo, Retiro de Los Indios, Severá, Tres María, Venado Campanito; además de las dos áreas urbanas o cabeceras municipales de estos dos municipios.

El territorio estudiado consta, por una parte, de una zona plana en la planicie aluvial del río Sinú, una de las principales cuencas hidrográficas de Colombia, el cual atraviesa de sur a norte a varios municipios del departamento de Córdoba. Presenta alturas entre los 12 y 30 m s. n. m., la conforman los corregimientos y cabeceras municipales del norte y suroriente de San Pelayo y Cereté. Por otra parte, de la topografía ondulada y semiondulada de la serranía de Abibe, con alturas entre 30 m s. n. m. y 120 m s. n. m., se observan al occidente, a excepción de las superiores a 120 metros, con un máximo de 240 metros, en algunos corregimientos donde se destacan formaciones de lomas, cerro y cuchillas.

FIGURA 1.

Localización de los municipios de San Pelayo y Cereté en el departamento de Córdoba, Colombia

Fuente: *Elaboración propia.*



3. Metodología

El método de investigación empleado es mixto puesto que aborda variables físico-espaciales cuantitativas y cualitativas, las primeras referidas a las velocidades según tipo de vía, número de habitantes y los tiempos de recorrido, siendo estos últimos determinantes en las categorías de accesibilidad física (óptima, favorable, desfavorable, muy desfavorable), y las segundas (clasificación vial y de los medios de transporte). La investigación es de tipo analítico, debido a que analiza la accesibilidad física de la población a los servicios de salud pública en los municipios de San Pelayo y Cereté (Córdoba), para comprender las condiciones físicas que posibilitan o no el acceso de la población a estos.

Por un lado, en la recolección de la información primaria se aplicó una encuesta para indagar el medio de transporte utilizado por la población, el tipo de servicio recurrido, la influencia de la época de precipitaciones en el acceso a los servicios de salud en las diferentes corregimientos y áreas municipales, teniendo presente su total en el área de estudio (128 460 habitantes), según fuente oficial del Sistema de Identificación de Potenciales Bene-

ficiarios de Programas Sociales (SISBEN, 2015), el cual depende de las alcaldías municipales. Se diseñó un muestreo estratificado aleatorio simple con un margen de error del 4% cuyo resultado arrojó una muestra de 597 personas, quienes fueron distribuidas en las diferentes unidades espaciales (corregimientos y áreas urbanas). La localización de los servicios de salud se obtuvo en campo mediante el sistema de posicionamiento global (GPS).

Por otro lado, en la recolección de información secundaria se obtuvo la clasificación vial según el tipo de vía y las velocidades a las cuales las personas pueden transitar en vehículos automotores teniendo en cuenta los medios de transporte (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2009; Ministerio de Transporte de la República de Colombia, 2002, 2010) Tabla 1.

Teniendo la información recolectada, se procede a su organización y clasificación en una geodatabase (Figura 2) y con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), a través del software ArcGis 10.3, se calcula la accesibilidad física según el tiempo de recorrido, siguiendo la metodología realizada por Escalona y Díez (2003).

TABLA 1. TIPOS DE VÍAS Y VELOCIDADES

TIPO DE VÍAS	VELOCIDADES
Carretera pavimentada de dos o más carriles	80km/h
Carretera principal pavimentada	50km/h
Carretera sin pavimentar	40km/h
Carretera Transitables en tiempo seco	20km/h
Camino, sendero	15km/h

Fuente: Elaboración propia con base en IGAC (2009), Ley 769 de 2002, Resolución 1384 de 2010.

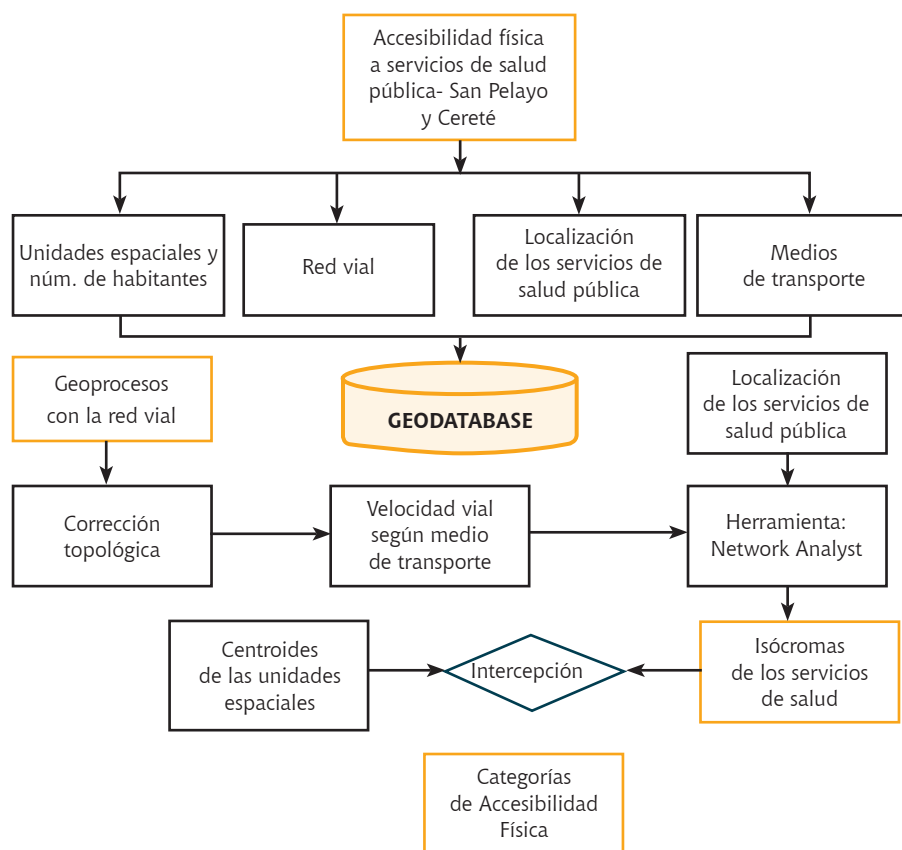


FIGURA 2. Esquema metodológico en la obtención de la accesibilidad física a los servicios de salud pública
Fuente: Elaboración propia.

La fórmula de la accesibilidad física empleada es $A_i = g(W_j) f(c_{ij})$, con $W_j = 1$

Donde A_i es la accesibilidad potencial agregada del lugar i , W_j es la actividad o servicio W que se ofrece en j , y c_{ij} es el coste general de llegar a j desde i . Es usual llamar a las funciones $g(W_j)$ y $f(c_{ij})$ funciones de actividad y funciones de impedancia, respectivamente. Por su parte, la función de actividad es horizontal y expresa que solo hay un destino posible

(al que se le da valor 1) y, por otra parte, la función de impedancia es lineal o dependiente únicamente del coste de desplazamiento. En consecuencia, A_i es solo función de c_{ij} , y de hecho toma su valor. El resultado expresa una desutilidad, es decir, cuanto más bajo es dicho valor mayor es la accesibilidad. Los resultados son analizados según criterios de accesibilidad física en el que se tienen en cuenta el tiempo de recorrido en minutos hacia cada tipo de servicio de salud pública (centros de salud, CAMU y Hospital), así:

TABLA 2. CATEGORÍAS DE ACCESIBILIDAD FÍSICA SEGÚN EL TIEMPO DE RECORRIDO EN MINUTOS

TIEMPO DE ACCESO EN MINUTOS	CATEGORÍA DE ACCESIBILIDAD FÍSICA
$A_i = f(c_{ij})$, con $c_{ij} \leq 15$ minutos	Accesibilidad óptima
$A_i = f(c_{ij})$, con $15 < c_{ij} \leq 30$ minutos	Accesibilidad favorable/aceptable
$A_i = f(c_{ij})$, con $30 < c_{ij} \leq 45$ minutos	Accesibilidad desfavorable
$A_i = f(c_{ij})$, con $c_{ij} > 45$ minutos	Accesibilidad muy desfavorable

Fuente: Elaboración propia con base en Escalona y Díez (2003).

Finalmente, se realizó el análisis de los resultados partiendo de la idea de que las condiciones de accesibilidad física de la población a los servicios de salud pública en los municipios de San Pelayo y Cereté (Córdoba) guardan relación con las condiciones físicas que posibilitan o no el acceso de la población a estos.

4. Resultados y discusión

El acceso a los servicios de salud se relaciona tanto con la presencia del equipamiento como con su alcance geográfica y económicamente, en lo que el transporte público adquiere gran importancia por su influencia central en dicho acceso, representando obstáculos a superar (Villanueva, 2010) u oportunidades que aprovechar. En términos cuantitativos, Fuenzalida (2010) señala que la ciencia geográfica emplea índices de accesibilidad para evaluar las condiciones existentes y futuras de eficiencia o equidad, teniendo en cuenta que la eficiencia se valora en la medida que la distribución de la oferta (los recursos) posibilite el alcance máximo de accesibilidad espacial. En este sentido, Gutiérrez y García (2002) enfatizan en dos indicadores muy usuales para medir la accesibilidad física: la separación geográfica (distancias métricas) y los de espacio-tiempo (modos de transporte y tiempos empleados en los trayectos).

Al respecto, el estudio de la accesibilidad física de la población a servicios de salud pública en San Pelayo y Cereté (Colombia) al año 2015 se hizo a partir de los tiempos de recorrido en torno a la incidencia que tienen el estado y el tipo de las vías, permitiendo la circulación a mayor o menor velocidad según el tipo de transporte utilizado por ella en el territorio, (Villanueva, 2010), lo que trae consigo desigualdades territoriales. Esto permite sintetizar

las oportunidades de contacto entre la población y las infraestructuras de salud. Es decir, que ella buscaría reducir las distancias lineales, usando los servicios más cercanos.

En este orden de ideas, en el área de estudio se pudo identificar la población asentada en las unidades espaciales que se encuentran en las mejores y peores condiciones de accesibilidad a los servicios de salud pública, que en el último caso, se presenta tras no haber atención médica en temporadas de lluvias, como sucede en los corregimientos de Buenos Aires, Sabana Nueva, Bongamella, Las Guamas, Severá, Cuero Curtido y Tres María, viéndose más afectado el municipio de Cereté. Esto resulta relevante por aportar información y datos sobre la accesibilidad física de la población como parte de la situación actual del equipamiento de salud, pues las dos municipalidades carecen de este tipo de estudios.

La interpretación de los resultados permite analizar que en los municipios de San Pelayo y Cereté se evidencian desigualdades e inequidades manifestadas por los niveles diferenciales de la accesibilidad física de la población a los servicios de salud. En palabras de Villanueva (2010), esta situación refleja un elemento más de fragmentación dentro de las ciudades así como entre ellas, según el estudio similar que realizó sobre los sistemas de salud y educación para las localidades de Necochea y Quequén en Argentina.

Particularmente en San Pelayo y Cereté, estas desigualdades e inequidades son manifestadas en mayor medida por los usuarios rurales que acceden óptimamente a las infraestructuras de salud con el menor nivel de atención I (Centros de Salud y CAMU) a excepción de Tres María, Pelayito y el área urbana de San Pelayo, limitándose el acceso a la oferta de servicios con mayor complejidad, si se comparan con aquellos de la cabecera municipal

quienes lo hacen de manera diferenciada, gozando de mejores condiciones en la prestación de estos, como sucede con el Hospital Regional de Cereté (II nivel de atención), localizado en el área urbana, el cual ofrece mayor complejidad en los servicios ofertados a una población urbana pese a que el predominio a nivel municipal es rural en el caso de San Pelayo.

Los centros de salud prestan los servicios algunos días de la semana debido a la disponibilidad de personal médico, quienes laboran entre tres y cinco, y solo en la jornada diurna, entre los que caben mencionar: medicina general, odontología, laboratorio clínico y programas de control prenatal, de crecimiento y desarrollo en el menor de 5 años, planificación familiar, prevención y control de enfermedades diarreicas, respiratorias, prevención y control de hipertensión arterial, inmunización (aplicación de vacunas), saneamiento básico ambiental, control de zoonosis, de establecimientos públicos, atención de enfermería, remisión a consulta especializada.

Es de considerar que las infraestructuras físicas como las viales y el transporte limitan el acceso de la población a los equipamientos de salud, puesto que inciden en el tiempo que tardan para llegar a estos, lo que se convierte en una problemática o deficiencia que deberán solucionar las administraciones municipales en aras de garantizar el acceso a la igualdad en términos de la accesibilidad física, como lo plantea el Congreso de la República de Colombia (1991). Sin embargo, en la realidad nacional, particularmente la municipal (urbana y rural) no se demuestran tales garantías; sí se observan, por el contrario, una accesibilidad desfavorable y muy desfavorable del área de estudio, la cual está asociada al mal estado vial, principalmente sin pavimentar y a las vías tipo caminos, senderos, transitables en tiempo seco, y cuyas velocidades máximas son de 40 km/h.

Además, el uso generalizado del transporte informal (motocicleta) por parte de la población al momento de dirigirse hacia estos equipamientos es de manera obligatoria debido a la ausencia de transporte público que posibilite su movilidad de forma eficiente, segura, a bajo costo y de buena calidad, en atención a las necesidades de los usuarios, en articulación con la adecuada red vial. Pareciera contradictorio el hecho de tener población asentada en las proximidades a los centros de salud, quien manifestó en las encuestas dirigirse en mayor medida a un CAMU y al Hospital, a pesar de haber solo tres equipamientos de salud pública oficial concentrados en el área urbana.

La situación antes descrita no necesariamente conduce a pensar de manera restringida en el tema de la movilidad y el transporte, sino en las implicaciones que esta trae en términos de la competitividad y la articulación funcional y territorial (atributos sociales, económicos, culturales, políticos), en lo que a la eficiencia, la calidad y la identidad territorial se refieren, en busca de lograr territorios cohesionados con desarrollo equilibrado, justo y equitativo, tendiendo a disminuir las brechas entre los espacios rurales y urbanos, las regiones y los departamentos, lo que se convierte en un reto y desafío para la planificación territorial en América Latina y El Caribe, la cual poco ha sido desarrollada, al revisar los indicadores de desigualdad (pobreza, Gini, empleo, acceso a los servicios de educación y salud, entre otros).

4.1. Los medios de transporte y la red vial a través de los cuales la población accede a los servicios de salud pública

Los municipios de San Pelayo y Cereté concentran 128 460 habitantes, en un área de 72 715 ha, distribuidas heterogéneamente entre los corregimientos

y las zonas urbanas, ocupando solo el 2% de cada uno en su perímetro urbano con 918 ha y 570 ha, respectivamente), mientras que el 98% restante es rural (44 068 y 27 184 ha).

Particularmente en Cereté, con respecto a la población total de 85 389 habitantes, el 56% se localiza en la cabecera municipal (47 987), mientras que el 44% (37 402) restante vive en el área rural, en comparación con San Pelayo que cuenta con menor población, teniendo un total de 43 071, siendo más rural el 82% de su población con respecto al total (35 270) y únicamente el 18% es urbana (7801).

Estos asentamientos emplean varios medios de transporte para desplazarse hacia los servicios de salud pública, tales como la motocicleta, el vehículo automotor particular, de servicio público informal y formal, a pie, la bicicleta o la combinación de varios de estos. Al respecto, la motocicleta, predomina sobre los demás teniendo en cuenta que un 80% (480 personas encuestadas) del total de la muestra (597) la usan antes que cualquier otro; y el 20% restante se distribuye en varios medios, correspondiendo el 9% a 49 personas, otros (a pie, bicicleta) al 6% (34 personas), los vehículos automotores particular e informal 2% cada uno (total 28 personas) y el vehículo público formal el 1% (6 personas).

Es así que parte de las debilidades se presentan en los territorios colombianos indistintamente de ser urbanos o rurales en cuanto a la disponibilidad de la oferta que demandan los pobladores sobre el uso de transporte público, la cual no es cubierta hecho que lleva a que ellos se movilicen en otros medios, adaptándose en gran medida a las condiciones de la red vial, mayormente destapada (93,7%) y distribuida en caminos, senderos (46,7%), carreteras transitables en tiempo seco (25,2%), carretera sin pavimentar (21,8%); y en menor proporción, el 6,3%

restante, lo constituyen las carreteras pavimentadas de dos o más carriles.

Teniendo en cuenta lo anterior, las vías son intransitables (sin pavimento) en época de precipitaciones, ya que empeoran su mal estado, limitando el acceso de los usuarios a los equipamientos de salud pública, como sucede en los corregimientos Buenos Aires, Sabana Nueva, Bongamella, Las Guamas, Severá, Cuero Curtido y Tres María, donde no hay atención médica en esta época. Estos corregimientos coinciden con estar dentro de las categorías de accesibilidad física desfavorable o muy desfavorable, lo que indica la necesidad de mejorar las condiciones de la red vial, para así propiciar espacios de fácil movilidad de un lugar a otro desde sus residencias, llámese trabajo, estudio, servicios de salud, educación, recreación, transporte, entre otros.

4.2. Tiempos de recorrido de la población hacia los Centros de Salud ofertados en los municipios de San Pelayo y Cereté

Los servicios de salud de este tipo existen en la mayoría de las unidades espaciales del territorio estudiado, exceptuando los corregimientos de Tres María, Pelayito y el área urbana de San Pelayo, siendo en total 20 (19 en área rural y uno en área urbana de Cereté). Como se había expresado, estos centros se caracterizan por prestar primer nivel de atención. El 65% de la población que los accede afirma hacerlo por su cercanía al lugar de residencia; sin embargo, la frecuencia de su uso no es coherente con ello, debido a que más de la mitad de los encuestados asisten a los CAMU y al Hospital con el 39% (233 usuarios) y el 28% (169 habitantes), respectivamente, correspondiendo el 33% (195 usuarios) a la asistencia frecuente a los centros de salud.

Entretanto, el 35% de la población acude a los CAMU y el Hospital San Diego por la oferta permanente (diaria) del servicio de salud especializado y de mejor calidad, a diferencia de los centros de salud, lo que reitera la desigualdad e inequidad en el acceso a la salud entre la población urbana y rural. Más del 60% del área en cada municipio presenta accesibilidad física óptima con tiempos menores o iguales a 15 minutos hacia los centros de salud, cubriendo el 92% de la población de San Pelayo (39446) y el 96% del municipio de Cereté (82092), como se observa en la Figura 3.

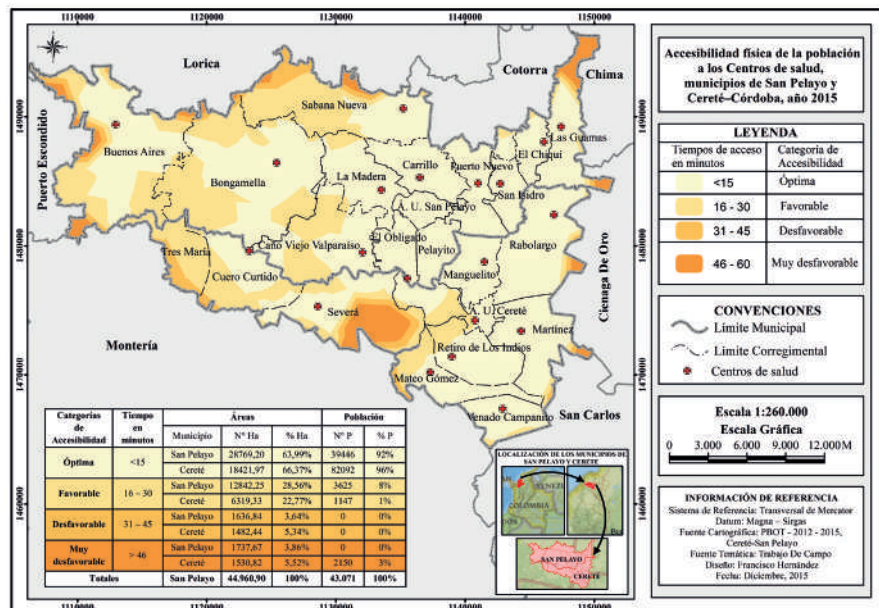
En su orden, la categoría de accesibilidad física favorable de 16 a 30 minutos, cubre el 20% del área municipal en 4772 personas, quienes asisten a tales infraestructuras en pocos corregimientos, como son: Tres María y Sabana Nueva, representando, en su orden, el 8% y el 1%, respectivamente de la población de San Pelayo y Cereté, respectivamente.

La accesibilidad física superior a los 30 minutos entre 31 y 45 se considera desfavorable al ser mucho el

tiempo que las personas emplean para llegar a un servicio de salud. En este orden, el 20% del área restante se identifica en el 3,64% (1 636,84 ha) del área total del municipio de San Pelayo y 5,34% (1 482,44 ha) del área de Cereté, sin que se haya registrado población en esta categoría. De manera similar, en la categoría muy desfavorable (mayor a 46 minutos), se reconoce el 3,86% (173,67 ha) de San Pelayo y el 5,52% (1 530,82 ha) de Cereté, en algunas de sus zonas periféricas, sobresaliendo Severá.

Cabe decir que los dos municipios estudiados están influenciados físicamente por la presencia de serranías y relieves acolinados, registrando accesibilidad física desfavorable y muy desfavorable, que dificulta el ingreso del transporte público en la parte occidental del área de estudio; así como la existencia de la planicie aluvial del río Sinú incide en lo óptimo y favorable que esta puede resultar en la parte oriental. Esta realidad se refleja en relación con la accesibilidad al resto de los equipamientos públicos de salud.

FIGURA 3. Accesibilidad física de la población a los centros de salud municipios de San Pelayo y Cereté – Córdoba.
Fuente: *Elaboración propia.*



4.3. Tiempos de recorrido de la población hacia los CAMU ofertados en los municipios de San Pelayo y Cereté

Los CAMU prestan el primer nivel de atención como los centros de salud, disponiendo de urgencias, medicina general y especializada, sala de partos y atención diaria durante las 24 horas del día, a los que no logran llegar todos los usuarios por las distancias que les acarrea su acceso, a pesar de ser mayormente usados por los usuarios en contraste con los centros de salud.

En el área de estudio existen dos CAMU, uno por cada municipio, localizados en las cabeceras municipales cuya cobertura en la prestación de servicios es urbana y rural. Los niveles de accesibilidad física se organizan espacialmente de forma gradiente hacia las periferias (principalmente, la noroccidental), notándose que cuando más lejana se asienta la población de estos equipamientos, mayores resultan los tiempos de recorrido, por lo que estos serán

desfavorables y muy desfavorables, tras superar los 31 minutos de viaje de la accesibilidad favorable.

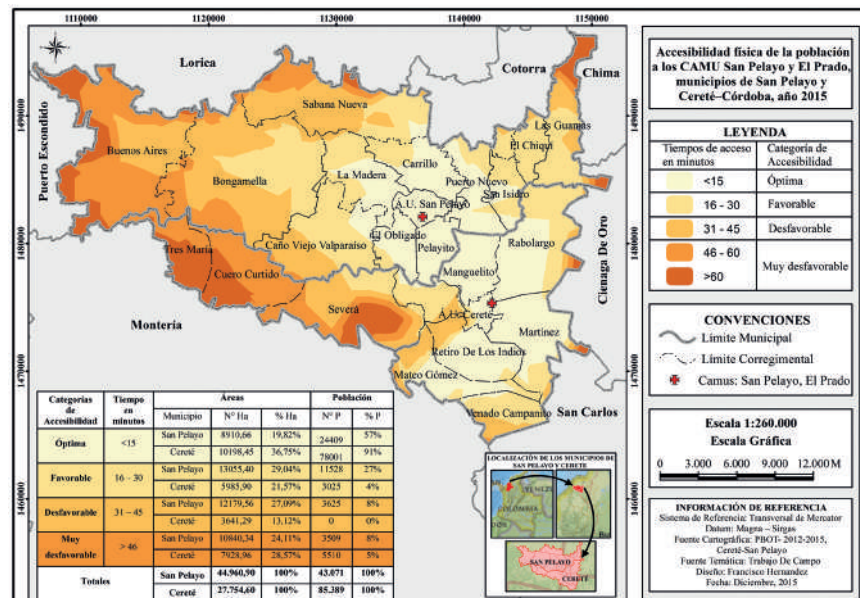
La accesibilidad física a los CAMU en tiempos de recorrido menores o iguales a 15 minutos, que emplea la población en el municipio de San Pelayo, se observa en el 19,82%, es decir, 8910,66 ha de su área, predominando la población urbana del 57% (24409) y de algunos corregimientos, cercanos al CAMU, como: Carrillo, Puerto Nuevo, San Isidro, Pelayito y El Obligado, La Madera (Figura 4). Estos valores son inferiores a los encontrados a nivel de los centros de salud (Figura 3), lo que ostenta menor tamaño poblacional al compararse con el 92% indicado. Se suma el buen estado de las vías pavimentadas hasta dos carriles, existentes en sus jurisdicciones, que facilitan el acceso de las poblaciones a este tipo de equipamiento de manera más rápida.

Al contrastar San Pelayo y Cereté, presentan comportamientos similares en relación con la accesibilidad física óptima en el área urbana y rural

FIGURA 4.

Accesibilidad física de la población a los CAMU San Pelayo y El Prado, municipios de San Pelayo y Cereté – Córdoba

Fuente: *Elaboración propia.*



próxima al CAMU el Prado, la cual es influenciada por el buen estado vial. En el 36,75 % (10 198,45 ha) de la extensión municipal, accede el 91 % de la población (78 001 habitantes), 34 % más que en el municipio de San Pelayo, en los corregimientos de Mateo Gómez, Retiro de Los Indios, Martínez, Manguelito, Rabolargo. Sin embargo, al referirse a la accesibilidad a los centros de salud, la diferencia porcentual en las dos municipalidades es del 4 %, acudiendo en Cereté el 96 %.

Por su parte, la accesibilidad favorable (16 a 30 minutos) se halla más del 21 % del área de los dos municipios (Figura 4), es así que para San Pelayo acceden el 27 % (11 528) de la población en corregimientos como Caño Viejo Valparaíso, Bongamella y en Cereté, el 4 % con 3025 habitantes, en las áreas rurales El Chiquí y Las Guamas y Venado Campanito.

En la accesibilidad física desfavorable (31 a 45 minutos) está el 27,09 % (12 179,56 ha) del total del área del municipio de San Pelayo, en la que acceden el 8 % (3625) de su población, perteneciente a Sabana Nueva, Bongamella, Buenos Aires, Caño Viejo Valparaíso, entre otros, mientras que para el municipio de Cereté el 13,12 % del área (3 641,29 ha) se encuentra en esta categoría sin reportar población.

En la categoría muy desfavorable (mayor a 46 minutos), los niveles de accesibilidad física ocupan superficies de forma dispersa sin lograr continuidades espaciales entre unas y otras, como lo ilustran los anteriores mapas, reflejando en San Pelayo más del 24 % del área municipal (Figura 4), 8 % de su población (3509 personas) en el corregimiento de Buenos Aires (occidente del municipio), y en Cereté el 5 % (5510) de los habitantes, en el 28 % de la extensión, como son: Severá, Cuero Curtido y Tres María, Sabana Nueva. A medida que las poblaciones están más alejadas de las áreas urbanas donde se localizan

estos equipamientos, la accesibilidad aumenta y el porcentaje de población disminuye respecto a la primera categoría de accesibilidad física.

4.4 Tiempos de recorrido de la población hacia El Hospital Regional San Diego – municipios de San Pelayo y Cereté

El Hospital Regional San Diego es un equipamiento de salud pública de segundo nivel de atención, localizado en la zona urbana del municipio de Cereté, con cobertura regional que sirve a poblaciones de municipios cercanos (Ciénaga de Oro, Cotorra, San Pelayo y San Carlos), resultando único en el área de estudio. El comportamiento espacial de la accesibilidad física a este hospital reporta similitud con los CAMU.

Nuevamente Cereté, en comparación con San Pelayo, registra la accesibilidad física óptima (mayores a 15 minutos), con máximo porcentaje en área del 35,87 % (9954,81 ha), correspondiente a los corregimientos de Mateo Gómez, Retiro de Los Indios (sur), Martínez (occidente), Manguelito (norte), Rabolargo (noroccidente y el área urbana). Al respecto, San Pelayo cubre en esta categoría de accesibilidad, el 6,12 % (2 750,26 ha) en la cabecera municipal y el corregimiento de Pelayito al sur del municipio. Las vías pavimentadas conectan el Hospital San Diego, lo cual posibilita su interacción entre la población que lo accede, como ocurre en Cereté con 78 001 personas (91 %) y en San Pelayo para 10 341 habitantes, quienes representan el 24 % (Figura 5).

En general, es de considerar que la forma ensanchada hacia el occidente del marco espacial estudiado, principalmente de la jurisdicción de San Pelayo y su territorio conformado por relieves acolinados (serranía), sumado a la distancia existente entre

cada corregimiento en relación con la localización del Hospital San Diego en la cabecera, inciden en los niveles de accesibilidad logrados, que en este caso aluden a los favorables de 16 a 30 minutos y en adelante son desfavorables (31 a 45 minutos) y muy desfavorables (46 a 60 minutos y mayores a 60).

En este sentido, la categoría de accesibilidad favorable cubre en San Pelayo un área de 11 616,43 (25,84 % del área municipal), en la cual el 35 % de la población (15 282) corresponde a El Chiquí, San Isidro, Puerto Nuevo, La Madera, Carrillo (norte), El Obligado, diferenciándose de Cereté con solo el 19,55 % (5 426,21 ha) del área total y en área de Venado Campanito, correspondiendo al 4 % (3025 personas), quienes usan los mismos.

La accesibilidad muy desfavorable (mayores a 46 minutos) se observa en mayores áreas en San Pelayo que en Cereté, registrando el primero en 18 483,10 ha (41,11 % del área de estudio), de los corregimientos de Buenos Aires y Sabana Nueva, en la cual accede un 17% de la población con 6734 habitantes, lo que se contrasta con Cereté al tener el 32,96 % (9 148,04

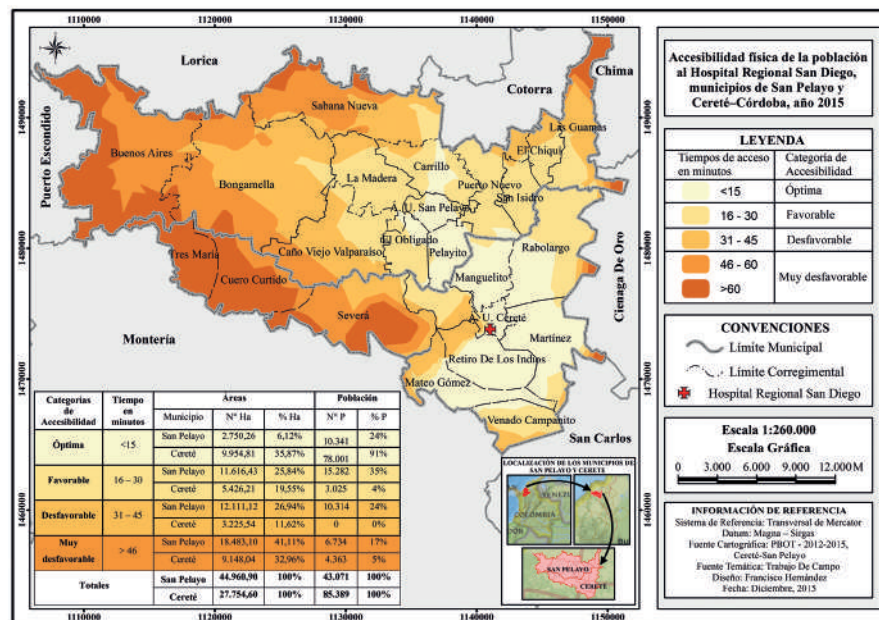
ha) del área, en los corregimientos de Severá, Cuero Curtido, Tres María y el 5 % (4363) de la población total del municipio. Sus poblaciones se encuentran alejadas del Hospital Regional San Diego en localización periférica de los municipios, en largas distancias y nuevamente con malas condiciones viales (sin pavimentar), que influyen en los peores niveles de accesibilidad en el área de estudio.

Al comparar la accesibilidad física a los diferentes tipos de equipamientos de salud, se destaca que la población total tiene mayor accesibilidad (óptima) a los centros de salud, donde acceden más del 90 % de esta, al igual que en los CAMU en el municipio de Cereté, lo que en San Pelayo varía con solo el 57%, esto debido a que en este último prevalece población rural, dispersa en el territorio, caso contrario sucede en Cereté. A su vez, la accesibilidad física hacia el Hospital Regional San Diego, por parte de la población de Cereté con porcentaje del 90%, se atribuye a su condición mayormente urbana, mientras que en San Pelayo el porcentaje es menor con el 24% y rural.

FIGURA 5.

Accesibilidad física de la población al Hospital Regional San Diego, municipios de San Pelayo y Cereté – Córdoba

Fuente: Elaboración propia.



La accesibilidad favorable hacia los centros de salud en el municipio de San Pelayo es mayor a la de Cereté con el 8% y el 1% de la población que accede a los mismos, respectivamente. Esta situación sucede de forma similar en los CAMU, siendo superior el porcentaje en el primer municipio (27%) e inferior en el segundo (4%). La cercanía de las cabeceras corregimentales de San Pelayo al área urbana de Cereté en el cual se localiza el Hospital influye en que el 35% de la población se encuentre en esta isócrona (16 a 30 minutos), lo que no ocurre en Cereté pues solo lo hace el 4%.

5. Conclusiones

El artículo que aquí se presenta se constituye en un aporte académico de referencia que será de utilidad en la toma de decisiones que llevarán a cabo las administraciones municipales y departamentales quienes participan activamente de los procesos de planificación del desarrollo socioeconómico y territorial, en busca del mejoramiento de las condiciones de accesibilidad física de la población a los equipamientos de salud. Lo antes expresado, en razón de que el estudio es la primera aproximación de diagnóstico que se tiene sobre el tema en dos localidades del departamento de Córdoba (Colombia) al año 2015, la cual ha sido medida a través de los indicadores de tiempos medios de recorrido, estado vial y tipo de vías en las diferentes unidades espaciales (área urbana y rural).

Los resultados enunciados con la accesibilidad física deberán complementarse con otros de accesibilidad socioeconómica que determine la capacidad de la población para usar tal servicio, valorando la calidad del mismo (buena o mala), teniendo en cuenta los horarios de atención, tiempo de espera para ser aten-

dido y condiciones que regulan su funcionamiento (días de atención), los niveles socioeconómicos de la población, el nivel de estudios, la ocupación, el sexo y la afiliación de ella al sistema de seguridad social, para posteriormente obtener la accesibilidad geográfica.

Igualmente, se plantea el reto de generar otras investigaciones a partir del ordenamiento y la planificación territorial, sobre las actividades y servicios que se llevan a cabo en las infraestructuras de salud pública, valorando sus condiciones físico-materiales como soporte inicial para la realización de las mismas, para así continuar con la generación de pautas requeridas en la organización del territorio, sobre todo el rural, lo que serviría para trascender hacia estudios socioterritoriales y de territorialidades tanto del habitante como de la institución prestadora del servicio, producto de las acciones sociales, que se ven influenciadas por el sistema político y económico que opera en el país.

El caso de estudio aplicado en el artículo revela que la población accede a los equipamientos de salud a través del medio de transporte informal de la motocicleta (80% de las personas encuestadas), el cual resulta predominante con respecto a los demás medios utilizados para desplazarse por la red vial, lo que indica la necesidad de medios formales y adecuados en temas de salud, siendo en su mayoría (93,7%) la red vial sin pavimentar, razón por la cual se convierten en un obstáculo para transitar en época de lluvias, reflejando niveles de accesibilidad desfavorable y muy desfavorable. Por tanto, a mediano y corto plazo se requiere de la mejora del 21,8% (190 km) correspondientes a la clasificación vial sin pavimentar en los municipios de San Pelayo y Cereté, teniendo en cuenta que con esto se lograrán disminuir los tiempos de recorrido

empleados desde los lugares de residencia hasta los equipamientos de salud.

Del mismo modo, los resultados de accesibilidad física muestran que más del 90% de las poblaciones de ambos municipios presentan la categoría óptima y favorable hacia los equipamientos como Centros de Salud, CAMU y Hospital Regional San Diego (único equipamiento de segundo nivel de atención), a excepción del 41% de San Pelayo, que registra accesibilidad desfavorable y muy desfavorable, en cuanto al último equipamiento, viéndose afectada en mayor medida la población que no dispone de una infraestructura de salud pública superior de primer nivel, de adecuadas condiciones viales y medios de transporte público-formal, localizada en algunos casos en las periferias de estas municipalidades.

Esta realidad demuestra que la población busca la satisfacción de las necesidades en salud mediante la prestación de servicios de primero y segundo nivel de atención en los centros de salud (localizados en área rural), los CAMU y el Hospital Regional de San Diego, que funcionan en la cabecera municipal, marcando diferencias en cuanto a la frecuencia de uso que hacen los habitantes, quienes, viviendo en los corregimientos y teniendo cerca a los primeros, deciden desplazarse a los segundos y al tercero, sin importar lo lejano que estén de sus lugares de residencia, toda vez que demandan los servicios ambulatorios especializados, en los primeros, como urgencias, medicina especializada en ginecología y obstetricia, sin ser quirúrgica, y en los segundos, urgencias, hospitalización, cirugía, apoyo diagnóstico

y terapéutico. Es así que el 67% de la población estudiada opina frecuentar los CAMU y el Hospital Regional de San Diego (urgencias, hospitalización, cirugía, apoyo diagnóstico y terapéutico), y el 33% los centros de salud, siendo los dos primeros tres y los últimos, veinte en los dos municipios.

De esta manera, es pertinente disponer de servicios de salud durante toda la semana en las zonas rurales y con adecuado funcionamiento, para así garantizar el acceso a la igualdad en términos de accesibilidad física hacia las infraestructuras públicas, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

Las categorías de accesibilidad física desfavorable y muy desfavorable para acceder a los servicios de salud pública coinciden con hacer parte del 22% (134 personas) de los habitantes encuestados, quienes no tienen acceso en época de lluvias, asociado esto a que la mayoría de las vías están sin pavimento y empeoran su mal estado con las mismas.

Por último, es importante resaltar el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y con estos las herramientas que ofrecen *softwares* especializados para la captura, el manejo, el análisis, el modelado y el despliegue de datos espacialmente georreferenciados para la solución de problemas y obtención de resultados con alta precisión y calidad. A partir del presente estudio y demás existentes será posible evaluar la pertinencia y utilidad de estas tecnologías en la toma de decisiones, así como, comparar y analizar otras investigaciones y resultados relacionados.



Referencias

- Borroto, R., Somarribas, L. y Chamizo, H. (1994). Teoría y epistemología. Siete enfoques para el estudio geográfico de la salud humana. *Revista geográfica de América Latina*, 29, 11-24. Recuperado de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/viewFile/2929/2801>
- Congreso de la República de Colombia. (17 de febrero de 2015). Ley Estatutaria N° 1751, por medio de la cual se regula el derecho fundamental a la salud y se dictan otras disposiciones. [Ley N.° 1751 de 2015].
- Congreso de la República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Artículo 49. Mediante el cual se regula el derecho fundamental a la salud y se dictan otras disposiciones.
- Escalona, A. y Díez, C. (2002). Servicios básicos y calidad de vida en el espacio rural aragonés: la accesibilidad geográfica a los servicios de salud en la provincia de Teruel, Zaragoza. Centro de Estudios sobre la Despoblación y el Desarrollo Rural, Tomos 1 y 2 (inédito).
- Escalona, A. y Díez, C. (2003). Accesibilidad geográfica de la población rural a los servicios básicos de salud: estudio en la provincia de Teruel. *Revista de estudios sobre despoblación y desarrollo rural*, 3, 111-149. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/296/29600304/>
- Fuenzalida, M. (2010). Análisis de desigualdades territoriales en la oferta de equipamientos públicos: el caso de los hospitales en la red asistencial del sistema público de salud en Chile. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 2(2), 111-125. Recuperado de https://www.academia.edu/1484055/An%C3%A1lisis_de_desigualdades_territoriales_en_la_oferta_de_equipamientos_p%C3%BAblicos_el_caso_de_los_hospitales_en_la_red_asistencial_del_sistema_p%C3%BAblico_de_salud_en_Chile
- Gutiérrez, J. y García, J. (2002). Accesibilidad peatonal a la red sanitaria de asistencia primaria en Madrid. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*, 269-280. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/39283078_Accesibilidad_peatonal_a_la_red_sanitaria_de_asistencia_primaria_en_Madrid
- Huerta, U. y Källestål, C. (2012). Geographical accessibility and spatial coverage modeling of the primary health care network in the Western Province of Rwanda. *International Journal Of Health Geographics*, 11-40. Recuperado de <https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-40>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2009). Mapa Departamental de Córdoba
- Ministerio de Transporte de la República de Colombia. (6 de agosto 2002). Ley 769, por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. [Ley 769 de 2002].
- Ministerio de Transporte de la República de Colombia. (20 de abril de 2010). Resolución 1384 de 2010 por la cual se adopta el método para establecer los límites de velocidad de las carreteras nacionales, departamentales, distritales y municipales de Colombia. [Resolución 1384 de 2010].

- Ministerio de Salud de la República de Colombia. (Agosto 5 de 1994). Resolución N.º 5261. Por la cual se establece el manual de actividades, intervenciones y procedimientos del plan obligatorio de salud en el sistema general de seguridad social en salud. [Resolución N.º 5261 de 1994]
- Pérez, G. (2013). Accesibilidad geográfica y equidad en la prestación del servicio de salud: un estudio de caso para Barranquilla. *Borradores de Economía*, 770, 1-31. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/be_770.pdf
- Ramírez, L. (2009). Modelado espacial de la accesibilidad de la población a los centros de salud en el Área Metropolitana del Gran Resistencia-Chaco. Recuperado de <http://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public34.pdf>
- Rodríguez, V. (2010). Medición de la accesibilidad geográfica de la población a la red de hospitales de alta resolución de Andalucía mediante sistemas de información geográfica. *Geofocus*, 11, 265-292. Recuperado de http://geofocus.rediris.es/2011/Articulo12_2011.pdf
- Sistema de identificación de potenciales beneficiarios de programas sociales (SISBEN). (2015). Número de personas por corregimiento y área urbana municipio de San Pelayo, Córdoba-Colombia.
- Sistema de identificación de potenciales beneficiarios de programas sociales (SISBEN). (2015). Número de personas por corregimiento y área urbana municipio de Cereté, Córdoba-Colombia.
- Villanueva, A. (2010). Accesibilidad geográfica a los sistemas de salud y educación. Análisis espacial de las localidades de Necochea y Quequén. *Revista Transporte y Territorio*, 2, 136-157. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/3330/333027080005/>



Modelo bayesiano para el estudio de la enfermedad del dengue en el departamento de Atlántico, Colombia, años 2010 a 2013



BAYESIAN MODEL FOR THE STUDY OF DENGUE DISEASE IN THE DEPARTMENT OF ATLÁNTICO COLOMBIA YEARS 2010 TO 2013

MODELO BAYESIANO PARA O ESTUDO DA DOENÇA DO DENGUE NO DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO, COLÔMBIA, ANOS 2010 A 2013

ANGIE ANDREA Montoya González¹
FABIÁN GABRIEL Ortiz Beltrán²
LUIS FERNANDO Santa Guzmán³

Recepción:
19 de septiembre de 2016

Evaluación:
22 de junio de 2017

Aprobación:
12 de julio de 2017

Para citar este artículo: Montoya González, A. A., Ortiz Beltrán, F. G. y Santa Guzmán, L.F. (2017). Modelo bayesiano para el estudio de la enfermedad del dengue en el departamento de Atlántico, Colombia, años 2010 a 2013. *Perspectiva Geográfica*, 22(2),85-104 doi: 10.19053/01233769.7603

Resumen

El propósito en este artículo es estudiar la relación entre los casos de dengue y las variables dadas por los datos sociales, geográficos y económicos de los 23 municipios del departamento del Atlántico, Colombia, mediante el uso de modelos espaciales completamente bayesianos para el período 2010 a 2013. Se analizaron 7786 casos de dengue presentados en los cuatro años de estudio, en los que se encontró que los

- 1 Ingeniera catastral y geodesta en formación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. anamontoyag@correo.udistrital.edu.co
- 2 Ingeniero catastral y geodesta en formación de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. fgortizb@correo.udistrital.edu.co
- 3 Ingeniero catastral y geodesta, estadista y magíster en Geomática. Doctorante en Geoinformática de la Universidad Nova de Lisboa. lfsantag@unal.edu.co

municipios más afectados por cantidad de población fueron Tubará, Candelaria, Puerto Colombia, Baranoa, Polonuevo y Ponedera. Se escogió el mejor modelo por cada año de estudio, basados en el Criterio de Información de Desviación (DIC), se encontró que las variables afines a las características sociales presentes en las viviendas y el crecimiento desordenado del casco urbano fueron las que mayor influencia tuvieron en el aumento del número de casos de dengue. El modelo bayesiano permitió identificar la relación del dengue con factores fuera del sector de salud estableciendo áreas de mayor riesgo de enfermedad.

Palabras clave: *Atlántico, Colombia, dengue, epidemiología, estadística espacial, modelo bayesiano.*

Abstract

This paper aims to study the relationship between dengue cases and the variables given by the social, geographic and economic data of the 23 municipalities of the department of Atlántico, Colombia, through the use of completely. It was possible to analyze 7.786 cases of dengue presented in the four years of study, finding that the municipalities most affected by amount of population were Tubará, Candelaria, Puerto Colombia, Baranoa, Polonuevo and Ponedera. The best model was chosen for each year of study, based on the Deviation Information Criterion (DIC), it was found that the variables related to the social characteristics present in the dwellings and the disordered growth of the urban center were those that had the greatest influence. In the increase of the number of dengue cases. The Bayesian model allowed the identification of the relationship of dengue with factors outside the health sector, establishing areas of higher risk of disease.

Keywords: *Atlántico, Colombia, dengue, epidemiology, spatial statistics, Bayesian model.*

Resumo

O objetivo deste artigo é estudar a relação entre casos de dengue e as variáveis dadas pelos dados sociais, geográficos y econômicos dos 23 municípios do departamento de Atlántico, Colômbia, usando modelos espaciais completamente bayesianos para o período 2010 a 2013. Analisaram-se 7786 casos de dengue apresentados nos quatro anos de estudo, que constatou que os municípios mais afetados pelo tamanho da população foram Tubará, Candelaria, Puerto Colombia, Baranoa, Polonuevo e Ponedera. Se escolho o melhor modelo para cada ano de estudo, baseado no critério de Informação

de Desvio (DIC), verificou-se que as variáveis relacionadas com características sociais presentes na habitação e o crescimento desordenado do casco urbano foram a maior influência no aumento do número de casos de dengue. O modelo bayesiano permitiu identificar a relação do dengue com fatores externos ao setor saúde, estabelecendo áreas de maior risco de doença.

Palavras chave: *Atlantico, Colômbia, dengue, epidemiologia, estatísticas espaciais, modelo bayesiano.*

1. Introducción

El dengue ha sido calificado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como “la enfermedad transmitida por mosquitos más importante del mundo”, ya que afecta principalmente a continentes como Asia, África y América Latina, debido a la variabilidad climática intra-anual (Echavarría y Quintero, 2012). Existen diferentes factores interrelacionados que favorecen la propagación del dengue, entre ellos factores geográficos determinantes del clima, algunos de tipo socioeconómicos como la urbanización no planificada, las condiciones y calidad de vida de la población y ciertos factores culturales como la propagación de depósitos de agua. Es por esto que se estima anualmente en el mundo la infección de 390 millones de personas (Bhatt et al., 2013).

Diferentes modelos han surgido como herramientas de apoyo en materia de salud pública, por ende, las zonas más afectadas por el vector (Asia, África y Latinoamérica) han sido fuente de diferentes estudios como apoyo a las decisiones administrativas. Un modelo de redes neuronales artificiales refleja que factores como la temperatura media, la humedad relativa y la precipitación total son los parámetros de más influencia para la predicción del número de casos de dengue en algunos países asiáticos (Aburas, Cetiner y Sari, 2010). Un modelo temporal es el método aplicado en Tailandia como la medida

de monitoreo y predicción de los casos de dengue, sus resultados son satisfactorios, ya que permiten comparar largos periodos de tiempo e identificar la frecuencia de la epidemia (Wongkoon, Jaroensutasinee y Jaroensutasinee, 2012). El modelo temporal resulta útil también en Malasia, donde la dependencia temporal de las variables climáticas en las series de tiempo favorecen la predicción de casos de dengue (Dom, Hassan, Latif e Ismail, 2013).

En Brasil, un país afectado gravemente por el virus, se realizó un modelo bayesiano de los casos de dengue y su relación con variables como el alfabetismo, ingresos, servicio de agua y recolección de basuras, presentados en la unidad federal Espíritu Santo, en el año 2010; con el modelo, se permite minimizar la varianza de los estimadores en lugares donde la población es pequeña e incluye los factores económicos, sociales y geográficos de cada región (Honorato et al., 2014). El modelo bayesiano aplicado para el área metropolitana de Maracay, Venezuela, revela la importancia de los indicadores socioeconómicos, su consideración proporciona mejores ajustes de modelo y sugiere que la intervención en estos puede disminuir el riesgo en contraer la enfermedad. A diferencia de los modelos empleados en el continente asiático, donde la variación climática en periodos de tiempo son herramientas satisfactorias para la predicción de casos de dengue, en Latinoamérica, el modelo

bayesiano muestra que los casos de dengue no están determinados únicamente por las variables climáticas, sino por las condiciones socio-económicas (Monsalve, Rubio-Palis y Pérez, 2010).

Para Colombia, el dengue se ha convertido en un problema prioritario debido a que en el país circulan simultáneamente los cuatro serotipos causantes de la enfermedad, (DENV1, DENV2, DENV3 y DENV4). El mosquito *Aedes aegypti*, el principal vector de los virus que causan el dengue, se encuentra distribuido por todo el territorio nacional, debido a que el 80% del territorio se encuentra por debajo de los 1800 m s. n. m., lo que facilita las condiciones para la propagación de este y convierte a Colombia en el segundo país suramericano más afectado por el vector (Santos, Parra-Henao, Silva y Augusto, 2014). Desde la primera aparición de un caso de dengue grave en 1989, se observa la tendencia al incremento en el número de casos; la década de 1990 proporciona la razón de 5,2 casos por 100 000 habitantes, mientras que en los últimos años la proporción es de 18,1 casos por cada 100 000 habitantes. Según el Instituto Nacional de Salud de Colombia, en el año 2013 se registraron 12 882 casos de dengue en el país, aportando a este número 232 casos el departamento de Atlántico y 308 casos el municipio de Barraquilla (Instituto Nacional de Salud, 2013).

Se reconoce la necesidad de realizar un estudio específico en el departamento de Atlántico, Colombia, teniendo en cuenta los datos mencionados anteriormente. Para ello, se escoge el modelo bayesiano por la utilidad que ha tenido para los países latinoamericanos, Brasil y Venezuela, en poblaciones pequeñas, además, el beneficio que proporciona la combinación de los modelos jerárquicos bayesianos con los sistemas de información geográfica, herramienta importante para caracterizar

y estimar patrones de enfermedades, considerando simultáneamente estructuras complejas de modelaje jerárquico, factores de riesgo sociodemográfico y factores ambientales (González, Infante y Hernández, 2012). El modelo bayesiano permite el estudio de la enfermedad en el espacio de manera cuantitativa, una alternativa para el análisis de los problemas geográficos, que a diferencia del método clásico o frecuentista cuyo supuesto es que los parámetros del modelo son fijos pero desconocidos, la estadística bayesiana se construye sobre un modelo de probabilidad que enlaza la distribución de los datos a sus parámetros, que son tratados como variables aleatorias que dependen de los supuestos a priori.

Adicionalmente posibilita introducir variables que no son concretamente del sector de salud, pero pueden tener relación con la aparición de casos de dengue para reconocer la influencia de factores específicos sobre las áreas de estudio y los municipios de mayor riesgo, analizar la relación de los casos de dengue con las variables socio-económicas, culturales y físicas del territorio y construir mapas que permiten identificar patrones de ocurrencia y asociación espacial en cada municipio del departamento de estudio. Como objetivo se plantea identificar el mejor modelo para la descripción de los casos de dengue utilizando análisis espaciales totalmente bayesianos, basados en el Criterio de Información de Desviación (DIC), que se calcula a partir de muestras generadas por cadenas de *Markov Monte Carlo*. Se comparan cuatro modelos para cada año de estudio y se selecciona el de menor DIC.

2. Descripción del lugar

El departamento de Atlántico se ubica en el norte de Colombia en la región Caribe, con una superficie

de 3388 km² representando el 0,29% del territorio nacional, la población que se proyectó para el año 2015 fue de 2461 001 distribuida en 23 municipios que se encuentran a una altura entre 0 y 219 m s. n. m. (DANE, 2005). El departamento se encuentra enmarcado dentro de las coordenadas 10°15'36" y 11° 06'37" de latitud norte, y 74°42'47" y 75°16'34" de longitud oeste. Su geografía está representada en un 45% por terreno montañoso, con serranías y colinas de poca altura, mientras que su hidrografía presenta corrientes mayores, el río Magdalena y el canal del Dique. Adicionalmente, su límite norte cuenta con una extensión aproximada de 90 km de territorio con el mar Caribe, la demás hidrogra-

fía la componen arroyos y caños ubicados al sur y occidente del departamento. La región Caribe presenta los períodos más secos en los primeros meses del año, con una precipitación que va de 0 a 250 mm, la cual aumenta para los meses de julio, agosto y septiembre donde alcanza los 1250 mm, a partir de octubre la precipitación varía de 0 a 500 mm (Cadena, Guzmán y Ruíz, 2014). El clima es tropical de tipo estepa y sabana de carácter árido en la desembocadura del río Magdalena y alrededores de su capital Barranquilla, semiárido en las fajas aledañas al litoral y al río Magdalena y semihúmedo desde Sabanalarga hacia el sur. La temperatura media del departamento varía entre los 26°C y los 28°C (Gobernación de Atlántico, 2010).

FIGURA 1.
Mapa de zona de estudio,
Departamento de Atlántico

Fuente: *Elaboración propia, software ArcGIS 10.2 Licencia estudiantil.*



El 95% de la población es urbana y los municipios que concentran esta población son Barranquilla y Soledad con un 82%, asimismo, el mayor porcentaje de población urbana se concentra a lo largo de los ejes de comunicación del departamento, siendo los municipios de las zonas centro y norte los de mejor conectividad; el municipio de menor conectividad es Piojó, municipio que junto con Luruaco poseen una menor población en su área urbana (Segebre, 2012). La actividad industrial del departamento se concentra en Barranquilla, siendo la industria, la

pesca, la ganadería y el comercio las actividades preponderantes. Barranquilla se convierte en el principal puerto de industria del departamento y segundo en

importancia del país. La cobertura del servicio de agua potable en las cabeceras municipales pasó del 37,7% en el año 2004 a un 84,1% al finalizar el año 2006, se divisa un aumento también en la cobertura de educación, pasando de 76% para el año 2003 a 84% en el año 2006.

Al ser un importante corredor de movilidad, el territorio facilita el acceso de diferentes grupos armados que se mueven por las riberas del río Magdalena, por sus ciénagas y caños, convirtiendo el departamento un eje de actividades delictivas que promueven el desplazamiento de los habitantes de las zonas rurales a los cascos urbanos, induciendo a una urbanización desordenada en lugares que no abarcan los servicios vitales de vida. El comportamiento del departamento frente al desplazamiento forzado ha sido receptor, debido a las condiciones de puerto y actividad comercial de su capital, los municipios más afectados en el período de 2003 a 2006 fueron Barranquilla, Soledad y Malambo, recibiendo Barranquilla 3166 desplazados, comparados con 273 expulsados de su territorio (ACNUR, s. f.).

3. Metodología

Para la construcción del modelo se tuvieron en cuenta los casos registrados de la enfermedad en los municipios del departamento de Atlántico por parte del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública — SIVIGILA— en los años 2010 a 2013 (SIVIGILA, 2013). El 2010 fue considerado el año de mayor notificación en la historia del dengue en las Américas, con más de 1,6 millones de casos reportados; para Colombia, marcó la más grande epidemia del dengue con más de 150 000 casos y 217 muertes confirmadas (Padilla, Rojas y Sáenz Gómez, 2012).

La base de datos se complementó con la proyección

de la población para los años de estudio y con datos socioeconómicos aportados por los documentos publicados por la Gobernación de Atlántico, adicionalmente, se generó la variable de tasa de crecimiento en la zona urbana del municipio con base en las proyecciones de población dadas por el DANE. A las variables de estudio antes descritas, se sumó el porcentaje de personas con necesidades básicas insatisfechas (NBI), la cual se obtuvo teniendo en cuenta ciertas características relacionadas con el lugar de vivienda: inadecuadas, en hacinamiento crítico, servicios inadecuados (disponibilidad de agua potable y servicio sanitario para el desecho de excretas), alta dependencia económica (disponibilidad de recursos) y con niños en edad escolar que no asisten a la escuela (Feres y Mancero, 2001). Adicionalmente se incorporan los datos de precipitación y días con lluvia en el año, proporcionados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia (IDEAM). La descripción de las variables se encuentra en la Tabla 1.

Las variables son organizadas en *MS Excel*, junto con el archivo en formato *shapefile*, que contiene la asociación de las variables de base de datos georreferenciadas, estas son cargadas para su procesamiento en el *software* libre R i386 3.2.2., que permite controlar los parámetros establecidos, incluir código de programación adicional, computar y graficar datos estadísticos, conectado por medio de la librería R2WinBUGS al *software* estadístico WinBUGS v1.4., utilizado ampliamente en trabajos de epidemiología, enfocado en generar modelos estadísticos espacio temporales, el cual permite realizar inferencia bayesiana por medio de cadenas de *Markov Monte Carlo* (MCMC). Una cadena *Markov* es una serie de eventos, donde la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediatamente anterior (Del Valle, 2016).

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Casos de dengue	Número de personas afectadas por el dengue en los años 2010 a 2013.
Población del municipio	Número de personas proyectadas por municipio para los años 2010 a 2013.
Necesidades Básicas Insatisfechas–NBI	Proporción de Personas vs. Hogares, sobre la Población total vs. Total de hogares, que tiene al menos una necesidad básica insatisfecha.
Tasa de crecimiento	Tasa que indica el crecimiento o decrecimiento de la población que habita en la zona urbana de los municipios del departamento.
Miseria	Indicador que expresa las características físicas de viviendas consideradas impropias para el alojamiento urbano.
Hacinamiento	Indicador que capta los niveles críticos de ocupación de los recursos de la vivienda por el grupo que la habita.
Servicios inadecuados	Indicador que muestra el no acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas, servicio de acueducto y alcantarillado.
Dependencia económica	Indicador indirecto sobre los niveles ingreso de las viviendas.
Tasa de escolaridad	Porcentaje de la cobertura bruta de educación para el municipio.
Inasistencia	Indicador que mide la satisfacción de necesidades educativas mínimas para la población infantil.
Altura del municipio	Altura media sobre el nivel del mar para cada municipio del departamento del Atlántico.
Precipitación	Milímetros de agua que caen a la superficie terrestre desde la atmósfera.
Días con Lluvia	Número de lluvias en el periodo de un año.

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró una cadena de *Markov de Monte Carlo*, bajo métodos computacionales, de la cual se realizaron 30 000 iteraciones.

3.1. Cálculo de la tasa de mortalidad estandarizada (SMR)

Con la base de datos organizada, se halló la tasa de mortalidad estandarizada (SMR) como una alternativa de aislar el ruido presente de la variable endógena

Casos de dengue, ajustándola a la población de donde se presentan los casos (Waller y Gotway, 2004). La SMR es un estadístico muy difundido para representar los patrones espaciales de la distribución de una enfermedad, se expresa como la proporción entre el número de casos observados y el número de casos esperados (Pfeiffer, Robinson, Stevenson,

Stevens, Rogers y Clements, 2008); para su cálculo, el trabajo toma el número de casos de dengue y el número total de habitantes por municipio.

$$SMR_i = \frac{O_i}{e_i}$$

Fórmula 1. Cálculo de la SMR

Donde O_i es el número de casos de dengue presentados en el municipio i y el número de casos esperados de dengue, se define como:

$$e_i = n_i$$

Fórmula 2. Cálculo de número de esperados de dengue

Donde n_i es el número de total de habitantes del municipio i .

3.2. Análisis exploratorio de las variables

El análisis exploratorio de las variables permite determinar el comportamiento individual de las variables y su relación con la variable endógena. Identificar la mejor distribución para la variable endógena depende de una buena elección de la matriz de pesos espaciales, para esto se aplican las pruebas de autocorrelación espacial *Contraste de I de Moran Global*, *Contraste de I de Moran Global Simulada*, *Contraste de I de Moran Global adaptada al enfoque Empírico Bayesiano*, y un *Contraste de C de Geary Global* (Murcia y Sarmiento, 2015)

Para la descripción del comportamiento de las variables se generaron gráficos descriptivos globales como los mapas de caja, cuya interpretación permite identificar datos atípicos y patrones geográficos, posteriormente se produjeron los mapas de autocorrelación espacial local (LISA), que permiten identificar agregaciones espaciales. Los mapas fueron generados el *software* GeoDa enfocado en el análisis espacial.

3.3. Modelo bayesiano

El modelo bayesiano permite la toma lógica de decisiones bajo incertidumbre, posibilita incorporar hipótesis científicas en el análisis por medio de las distribuciones a priori, que se aplican en problemas de estructura compleja y pueden ser difíciles de manejar por medio de métodos convencionales (Pfeiffer et al., 2008).

Aplicando el teorema de Bayes, la distribución a posteriori es proporcional al producto entre la función de probabilidad (distribución de probabilidad condicional de los datos observados dado el vector de parámetros), y la distribución a priori de los

parámetros, que es definida por el investigador sin usar los datos. Así se tiene la expresión:

$$f(\theta | O) \propto f(O | \theta) f(\theta); \quad c = f(O | \theta)$$

Fórmula 3. Inferencia bayesiana

Donde c es una constante de proporcionalidad, cuya función es asegurar que la distribución a posteriori integre al valor de 1. Las distribuciones a priori y de probabilidad proveen dos fuentes de información sobre cualquier problema. La función de probabilidad $f(O | \theta)$, da información sobre el parámetro a través de los datos, mientras que la distribución a priori $f(\theta)$ lo hace a través de creencias o suposiciones previas. Cuando hay gran cantidad de información, la probabilidad contribuirá más en la estimación del riesgo relativo. Cuando se cuenta con pocos datos la distribución a priori dominará el análisis (Lawson, 2008).

De acuerdo con el modelo jerárquico bayesiano y con el ánimo de incluir los efectos aleatorios y el componente espacial se puede reescribir:

$$f(\theta_{\psi}, \beta | O) \propto f(O | \beta, \psi) f(\psi | \theta_{\psi}) f(\beta | \theta_{\psi})$$

Fórmula 4. Fórmula del modelo lineal generalizado.

Donde β es un vector de efectos fijos relacionados con las covariables que explican la variable respuesta O , ψ corresponde al vector de efectos aleatorios y θ_{ψ} al vector de parámetros que definen la correlación espacial.

El análisis bayesiano asume que todos los parámetros del modelo se comportan como variables aleatorias, no obstante, en el contexto de los modelos mixtos, los efectos fijos (β) corresponden a parámetros invariables, por tanto, el comportamiento de las covariables es el mismo para toda la zona objeto de estudio. Los efectos aleatorios, en cambio, son parámetros que cambian entre las regiones, ya que

dependen de las distribuciones de los datos observados para cada población (Waller y Gotway, 2004).

El enfoque bayesiano contempla los efectos fijos denominados por los betas que acompañan a las variables del modelo. Se evaluaron 4 modelos de los cuales se analizó el criterio de información de desviación (DIC) y, sobre la base de esa información, se seleccionó el modelo con la DIC más baja como el modelo que mejor estima el riesgo de dengue para cada año de estudio.

4. Resultados

Selección de la mejor matriz de pesos espaciales, según los criterios de contigüidad: *Torre, Reina,*

Triangulación de Delaunay (TDD), Esfera de influencia (EDI), Gráfica de Gabriel (GDG), Vecinos Relativos (VVRR), y el criterio de los n-vecinos más cercanos, n=1- *KNN1*, n=2 -*KNN2*, n=3 -*KNN3* y n=4 -*KNN4*. (Tabla 2).

Se selecciona la matriz de pesos con el menor valor de índice AIC en cada año, pues esta es la que mejor representa la dependencia espacial presente en la variable endógena. Con la matriz de *KNN1*, se evalúan las pruebas de autocorrelación global para determinar si en promedio hay evidencia de correlación espacial en el área de estudio. (Tabla 3).

El p-valor de cada una de las pruebas indica que no hay suficiente evidencia estadística para decir que no

TABLA 2. CRITERIOS DE CONTIGÜIDAD

CRITERIO/ AÑO	TORRE	REINA	TDD	EDI	GDG	VVRR	KNN1	KNN2	KNN3	KNN4
2010	14,73	18,40	16,67	21,68	25,99	18,03	10,86	21,91	18,06	12,12
2011	-4,93	-4,01	1,88	0,004	-0,99	-9,66	-18,03	-8,26	-11,17	-3,82
2012	-0,17	-1,74	-10,22	-6,00	-8,34	1,63	-48,31	2,45	-12,80	-9,91
2013	-44,46	-33,43	-36,22	-42,93	-36,55	-38,82	-58,22	-41,20	-37,88	-38,70




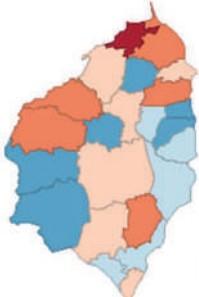


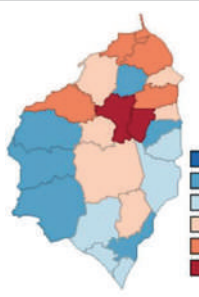


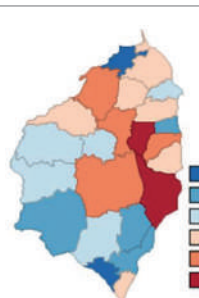

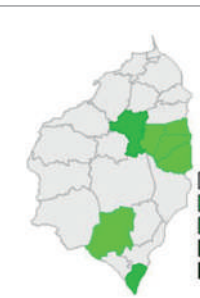
Fuente: Elaboración propia.

TABLA 3. PRUEBAS DE AUTOCORRELACIÓN GLOBAL

AÑO	I DE MORAN		I DE MORAN SIMULADA		I DE MORAN ADAPTADA A EB		C DE GEARY	
	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor
2010	0,10636395	0,5349	0,1063639	0,586	0,56279	0,130	0,95806294	0,8814
2011	0,07490760	0,5829	0,0749076	0,685	0,035293	0,360	0,6369582	0,2357
2012	0,52459467	0,0027	0,5245947	0,031	0,57362	0,004	0,4685397	0,1060
2013	0,10797122	0,5410	0,1079712	0,577	0,097616	0,316	0,62755895	0,1741

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 4. MAPA DE CAJA, LISA Y SIGNIFICANCIA DE LA SMR

MAPA DE CAJA	MAPA LISA Y SIGNIFICANCIA	
SMR 2010		
 <p> ■ (0) ■ (6) ■ (5) ■ (6) ■ (4) ■ (2) </p>	 <p> ■ (18) ■ (1) ■ (4) </p>	 <p> ■ (18) ■ (4) ■ (1) ■ (0) ■ (0) </p>
SMR 2011		
 <p> ■ (0) ■ (6) ■ (5) ■ (6) ■ (5) ■ (1) </p>	 <p> ■ (21) ■ (1) ■ (1) </p>	 <p> ■ (21) ■ (2) ■ (0) ■ (0) ■ (0) </p>
SMR 2012		
 <p> ■ (0) ■ (6) ■ (5) ■ (6) ■ (4) ■ (2) </p>	 <p> ■ (17) ■ (4) ■ (2) </p>	 <p> ■ (17) ■ (5) ■ (1) ■ (0) ■ (0) </p>
SMR 2013		
 <p> ■ (0) ■ (6) ■ (5) ■ (6) ■ (4) ■ (2) </p>	 <p> ■ (16) ■ (5) ■ (2) </p>	 <p> ■ (16) ■ (5) ■ (2) ■ (0) ■ (0) </p>
<p> ■ Lower outlier ■ 50% - 75% ■ < 25% ■ > 75% ■ 25% - 50% ■ Upper outlier </p>	<p> ■ Not Significant ■ High ■ Low </p>	<p> ■ Not Significant ■ p = 0.05 ■ p = 0.001 ■ p = 0.01 ■ p = 0.0001 </p>

Fuente: Elaboración propia.

hay estructura espacial en los casos de dengue en el departamento de Atlántico, sin embargo, los coeficientes de autocorrelación espacial fueron positivos para cada uno de los años, lo que sugiere que los municipios que presentan valores altos de la SMR, es decir, con mayor número de casos de dengue según población municipal, se encuentran rodeados por municipios con valores altos y por consiguiente, aquellos con valores bajos de la SMR, es decir, con menor número de casos de dengue según población municipal, se encuentran rodeados por municipios con valores bajos.

En el año 2010, la base de datos de SIVIGILA reportó 716 casos de dengue en el departamento de Atlántico, donde los municipios que más presentaron casos de dengue fueron Barranquilla con 113, Malambo con 119 y Soledad con 219 casos, sin embargo, en el mapa de caja para el 2010, mostró dos municipios con valores atípicos altos para la SMR, Tubará y Candelaria. Tubará contó con 22 casos reportados con una población de 10980 habitantes, es decir, una razón aproximada de 1 persona afectada por dengue por cada 500 habitantes, a diferencia de Barranquilla que aparece en el menor cuartil ($< 25\%$), con una razón de aproximadamente 1 personada afectada por cada 10 500 habitantes.

Los casos de dengue reportados en el 2011 fueron 773, los municipios que reportaron más casos fueron Barranquilla y Soledad con 375 y 166 casos de dengue respectivamente. Barranquilla se ubica en el cuartil más alto ($> 75\%$), mientras que Soledad se sitúa en el tercer cuartil ($50\% - 75\%$), sin embargo, aparece un municipio con un alto valor de la SMR como un dato atípico, Puerto Colombia, municipio que reportó 44 casos de dengue, con una razón de 1 persona afectada por dengue por cada 125 habitantes.

Los municipios Baranoa y Polonuevo se situaron en los valores más altos atípicos de la SMR en el

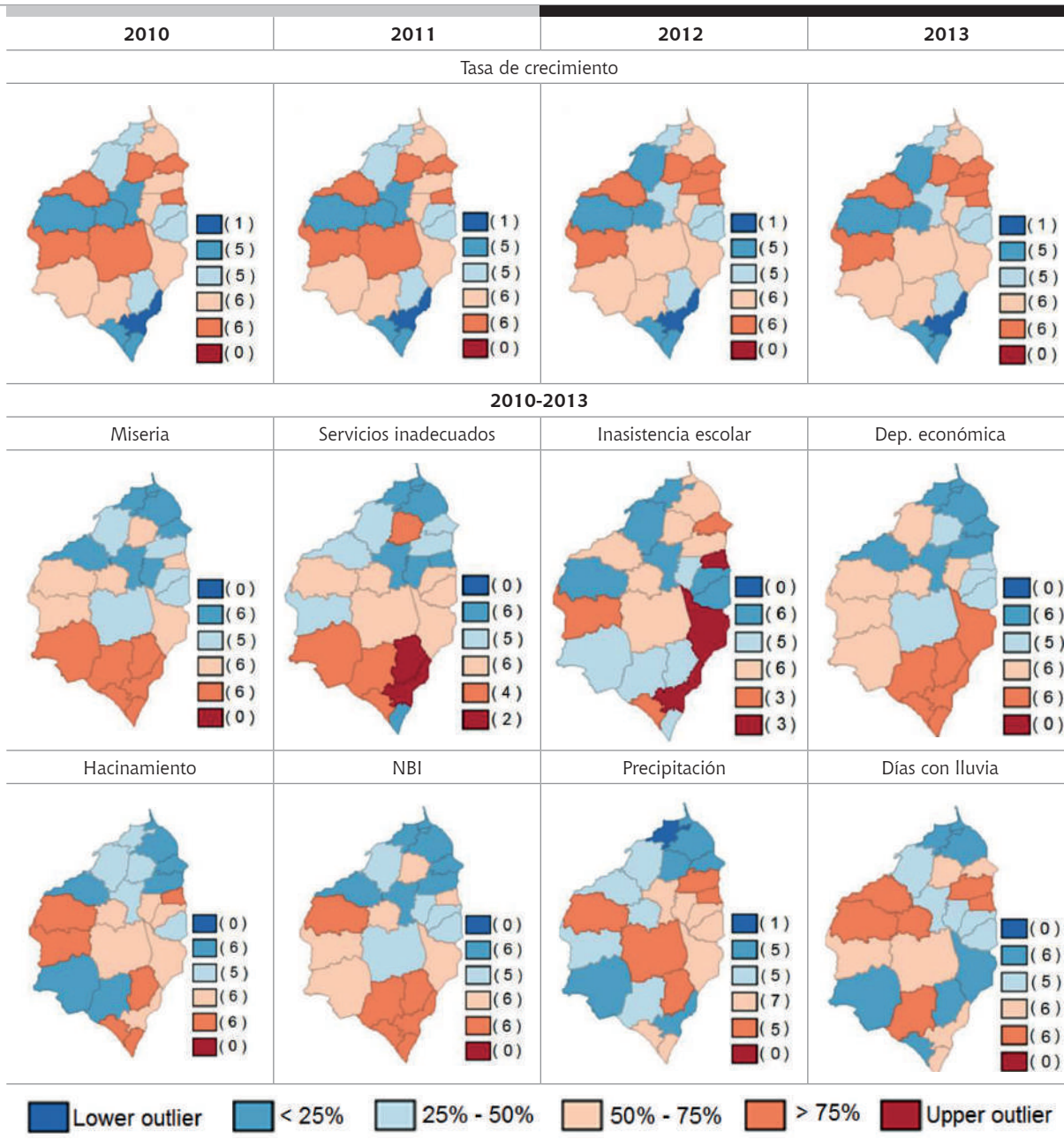
año 2012. Según las proyecciones de población del DANE, en el año 2012 la población de Baranoa fue de 56037 habitantes, de los cuales se reportaron 55 afectados por dengue, mientras que Polonuevo reportó 36 afectados por dengue en una población 14889 habitantes. En el 2012, el municipio con más casos de dengue fue Barranquilla con 593 afectados, situándolo en el cuarto cuartil ($> 75\%$).

El año con el reporte más alto de casos de dengue en el departamento de Atlántico fue el 2013, con una cifra de 5217 afectados. Polonuevo con 69 casos y Ponedera con 96 casos fueron los municipios con la SMR más alta, el municipio de Polonuevo con una razón de 1 habitante afectado por dengue por cada 218 habitantes y el municipio de Ponedera con una razón de 1 habitante afectado por dengue por cada 225 habitantes. Barranquilla y Soledad, municipios que aportaron más de la mitad de los casos de dengue, se situaron en el tercer y segundo cuartil, respectivamente.

Los mapas de caja no mostraron comportamientos espaciales claros de manera global. Un municipio con valores altos de la SMR puede ubicarse en el norte o sur del departamento, así mismo los municipios con valores bajos de la SMR se presentan distribuidos por toda el área de la zona de estudio sin ningún patrón especial. Los mapas de autocorrelación espacial (LISA) y de significancia no muestran agregaciones espaciales para los dos primeros años de estudio, sin embargo, para el 2012 y 2013, los municipios con valores altos de la SMR se encuentran rodeados por valores altos y los municipios con valores bajos de la SMR están rodeados por municipios con valores bajos. (Tabla 5).

La variable *Tasa de crecimiento* muestra el porcentaje de crecimiento del casco urbano respecto al año anterior. En el mapa de caja no se evidencia

TABLA 5. MAPA DE CAJA DE LAS VARIABLES



Fuente: Elaboración propia.

una asociación espacial de los municipios, sin embargo, los municipios Galapa, Soledad, Malambo, Sabanagrande, Luruaco y Juan de Acosta, que se encuentran en el cuartil más alto (> 75%), están ubicados en la zona centro-norte del departamento. Esta variable se espera sea de influencia en el modelo

debido a que el crecimiento del casco urbano influye en la cobertura de servicios públicos y por ende en el posible almacenamiento de agua en tanques.

Las variables *Miseria*, *Servicios inadecuados* y *Dependencia económica* concentran sus valores

más altos en los municipios de la zona sur del departamento, siendo Repelón, Manatí, Santa Lucía, Candelaria y Campo de la Cruz los municipios que muestran mayor porcentaje de viviendas inadecuadas, no obstante, poca cobertura de los servicios de agua potable y de alcantarillado y escasos ingresos económicos. La *Inasistencia escolar* ubica a pocos municipios en el cuarto cuartil, sin embargo, son tres municipios ubicados en los valores atípicos altos, Ponedera, Campo del Cruz y Sabanagrande, los que indican un alto porcentaje de población infantil vulnerable. La variable *Hacinamiento* permite notar que los municipios en la zona norte no presentan porcentajes altos en hacinamiento crítico, una buena relación entre el número de personas que habitan y el número de dormitorios por cada vivienda. Los municipios Manatí, Candelaria, Campo de la Cruz, Santa Lucía y Suan son los que tienen un porcentaje más alto de NBI, adicionalmente se encuentran ubicados al sur del departamento, por otro lado, los municipios de Puerto Colombia, Barranquilla, Soledad y Tubará presentan porcentajes bajos en esta variable y además se ubican al norte del departamento.

Los municipios con mayor *Precipitación* y *Días con lluvia* se ubican en la zona centro del departamento, y corresponden a Pijó, Malambo y Sabanagrande, los cuales presentan una precipitación entre 1 184,7 mm – 1 277,3 mm y aproximadamente 93 días de lluvia al año.

Con el enfoque bayesiano, se asume que los parámetros se comportan como variables aleatorias, en este caso, se contemplan los efectos fijos como parámetros invariables y los efectos aleatorios son cambiantes entre región, ya que depende de los valores observados en estas (Murcia y Sarmiento, 2015). Se estima el modelo jerárquico bayesiano con el uso del *software* WinBUGS, el cual proporciona el criterio de información de desviación (DIC) que permite comparar modelos bayesianos del mismo año.

Se generaron cuatro modelos para cada año, el mejor modelo para el estudio de la enfermedad del dengue fue el modelo que presentó el valor más bajo del DIC. Los modelos fueron: (1) el primer modelo contempló todas las variables de estudio, las variables sociales, económicas y geográficas; (2) el segundo modelo se centra en la búsqueda de la incidencia de las variables geográficas en los casos de dengue; (3) el tercer modelo agrupa las variables que definen la calidad de vida de las personas según el estado y servicios disponibles de las viviendas, ingresos económicos y nivel de educación; y (4) el cuarto modelo contempla las variables relacionadas con el crecimiento desorganizado del casco urbano y por consiguiente poca disponibilidad de recursos y falta de acceso a los servicios públicos.

TABLA 6. MODELOS JERÁRQUICOS BAYESIANOS AÑOS 2010-2013

Modelo	DIC			
	2010	2011	2012	2013
Modelo 1	78895	86787	46378	79074
Modelo 2	124219	86128	84490	126347
Modelo 3	109352	-366389	16900	113371
Modelo 4	-2342	114586	44009	-109903

Fuente: *Elaboración propia.*

Modelo (1) con todas las variables de estudio: beta1-NBI, beta2-Días con lluvia, beta3-Precipitación, beta4-Altura del municipio, beta5-Tasa de escolaridad, beta6-Miseria, beta7-Servicios, beta8-Inasistencia escolar, beta9-Dependencia económica, beta10-Tasa de crecimiento, beta11-Hacinamiento.

Modelo (2) variables físicas: beta1-Días con lluvia, beta2-Precipitación, beta3-Altura del municipio (Mena et al., 2011).

Modelo (3) variables socio-económicas: beta1-Miseria, beta2-Servicios inadecuados, beta3-Inasistencia escolar, beta4-Dependencia económica, beta5-Hacinamiento (Honorato et al., 2014)

Modelo (4) variables producto de la urbanización no planificada: beta1-Servicios inadecuados, beta2-Dependencia económica, beta3-Tasa de crecimiento (Silveira y de Barros, 2015).

Para los años 2010 y 2013, el modelo que mejor explicó los casos presentados de dengue fue el (4), siendo el crecimiento del casco urbano una razón que puede influir en la poca cobertura de servicios públicos y, así, el posible almacenamiento de agua en tanques se convierte en el factor que incidió en la aparición de casos de dengue en el departamento. Adicionalmente, para estos dos años, el segundo modelo que mejor explica los casos de dengue es el (1), donde se incorporan todas las variables.

El modelo (3) fue el que mejor explicó los casos presentados de dengue en los años 2011 y 2012, siendo las condiciones de vivienda, la calidad de vida, los recursos económicos y el acceso a educación de los habitantes los factores relevantes en la incidencia del dengue.

$$\text{Log}(0_i \theta s_i = 2.163 - 0.008296\text{ServiciosInadecuados} - 0.05876\text{DependenciaEconómica} + 0.003416\text{TasaCrecimiento} + 0.1576 + 2.355)$$

Fórmula 5. Fórmula mejor modelo año 2010.

$$\text{Log}(0_i \theta s_i = -1.863 - 0.8033\text{Miseria} + 0.2835\text{ServiciosInadecuados} + 0.4743\text{Inasistencia} + 0.04712\text{DependenciaEconómica} - 0.4956\text{Hacinamiento} + 1.018 + 6.83)$$

Fórmula 6. Fórmula mejor modelo año 2011.

$$\text{Log}(0_i \theta s_i = 2.392 - 0.008462\text{Miseria} - 0.0675\text{ServiciosInadecuados} + 0.05638\text{Inasistencia} + 0.1099\text{DependenciaEconómica} - 0.3207\text{Hacinamiento} + 1.018 + 1.859)$$

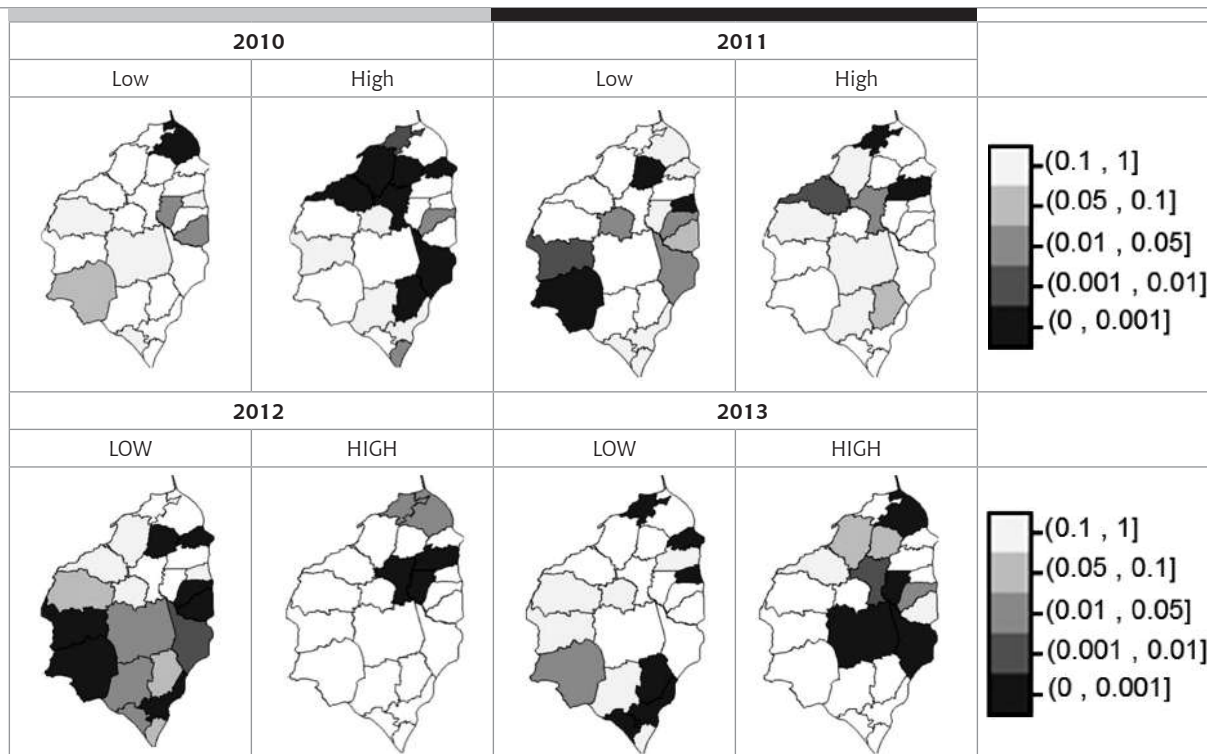
Fórmula 7. Fórmula mejor modelo año 2012.

$$\text{Log}(0_i \theta s_i = -2.631 - 0.02493\text{ServiciosInadecuados} + 0.1166\text{DependenciaEconómica} + 0.7825\text{TasaCrecimiento} + 0.03463 + 0.568)$$

Fórmula 8. Fórmula mejor modelo año 2013.

En la Tabla 7 se presentan los mapas de probabilidad basados en el enfoque Choynowski. La tonalidad más oscura muestra a los municipios con probabilidad de presentar números altos o bajos en los casos de dengue. Las probabilidades de tener número altos en los casos de dengue tienen una relación con el rango latitudinal. En el año 2010, Tubará, Galapa Juan de Acosta, Baranoa y Soledad, presentan la probabilidad más alta. En el 2011, el municipio con mayor probabilidad en tener número altos es Malambo, el cual se encuentra geográficamente debajo de Soledad. Para el año 2012, el municipio de Malambo junto con Baranoa y Polonuevo, dos municipios con latitud más bajas que este, son los que tienen mayor probabilidad de tener un número altos de

TABLA 7. MAPA DE PROBABILIDAD DE CHOYNOWSKI PARA LA VARIABLE SMR



Fuente: *Elaboración propia.*

casos de dengue. Para finalizar, en el año 2013, los municipios con mayor probabilidad de presentar número altos son Polonuevo, que ya se había presentado en el 2012, junto con Sabanalarga y Ponedera, los cuales tienen una menor latitud.

5. Discusión

La inclusión de los años 2010-2013 en el presente trabajo permitió ver que la enfermedad no tiene un comportamiento de fácil descripción, los municipios más afectados por el dengue no fueron descritos por un patrón espacial en cada año, además, las variables que mejor describieron el modelo de riesgo de la enfermedad no fueron las mismas para los años de estudio, dificultando realizar hipótesis para los años siguientes. Escoger cuatro años de estudio conse-

cutivos no es una muestra lo suficiente buena para identificar patrones temporales de la enfermedad, a diferencia de los modelos temporales para la enfermedad del dengue aplicados en la ciudad de Can Tho en Vietnam en el periodo de 2003-2010, que dan la oportunidad de identificar periodos de tiempo de mayor riesgo y así lograr establecer predicciones acertadas de la enfermedad (Phung et al., 2015).

Se encontró una relación significativa sobre las variables de servicios inadecuados y dependencia económica para dos de los años de estudio, variables que fueron también relevantes en el modelo bayesiano para los casos de dengue en Espírito Santo Brasil (Honorato et al., 2014), donde el modelo con menor DIC fue el que incorporó el efecto espacial con las variables de servicio de alcantarillado e ingresos económicos.

En Colombia, el desplazamiento de la población provoca el incremento de las áreas urbanas donde no se garantiza calidad de vida por la falta de cobertura de servicios públicos y equipamientos, lo que puede promover la práctica de almacenamiento de agua en tanques (Espinosa, 1998). La Secretaría Departamental de Salud del Atlántico asegura que las costumbres culturales como la reserva de agua en albercas u otros medios son un aspecto de difícil control, el tamaño de estas obstaculiza el lavado periódico y necesario para evitar el desarrollo de las larvas y posteriormente la propagación del mosquito adulto (Mosquera, Obregón, Lloyd, Orozco y Peña, 2010). Un modelo del estilo Takagi-Sugeno compuesto por ecuaciones diferenciales parciales, bajo simulaciones en un periodo de verano, evidencia que el aumento de envases de reproducción de mosquitos, producto de las costumbres culturales de la población o de la lluvia que se repose en el territorio, es la razón del aumento de criaderos de mosquitos, y por ende el aumento del riesgo de dengue (Silveira y de Barros, 2015). Incorporar en el presente trabajo un modelo que contempló el crecimiento del casco urbano y la evidencia de posibles tanques de agua que aumenten la reproducción del mosquito permitió ver la influencia de este fenómeno en el aumento del riesgo de la enfermedad del dengue en el departamento de Atlántico para los años 2010 y 2013.

El estudio de los factores asociados al dengue en Costa Rica, por medio de regresiones de Poisson, revela que la altitud, la temperatura y el índice de pobreza humana, tienen relación con la incidencia del dengue (Mena, Aroyo, Bonilla-Carrión y Calderón-Arguedas, 2011). Sin embargo, la extensión geográfica del departamento de Atlántico no permitía encontrar mayores cambios en la altura y temperatura entre sus municipios, por lo que fueron variables

que no fueron relevantes en el modelado del riesgo del dengue en ninguno de los años de estudio.

Respecto al modelado totalmente bayesiano de la enfermedad del dengue, se resalta el uso de la SMR y su relación con las demás variables, el uso de esta aleja el ruido que produce el reporte de grandes cifras de casos de dengue en poblaciones grandes. Los municipios del departamento de Atlántico, Barranquilla con 3944 casos de dengue y Soledad con 1594 casos dengue, reportados en los 4 años de estudio, los convierten en los municipios más afectados por la enfermedad a simple vista. Sin embargo, la metodología propuesta por Waller y Gotway (2004) de hallar SMR permitió ajustar los casos de dengue al total de habitantes por municipio y así observar las poblaciones más afectas por la enfermedad, que fueron los municipios Tubará, Candelaria, Puerto Colombia, Baranoa, Polonuevo y Ponedera.

Las políticas de control del virus no han tenido el alcance deseado en los países latinoamericanos, convirtiendo a Colombia, Venezuela y México en países con gran número de casos de dengue (Monsalve et al., 2010). Los programas de atención apuntan a controlar las prácticas culturales de almacenamiento de agua en diferentes recipientes, la cual es una labor importante pero no suficiente para el control de la enfermedad. Es importante generar campañas en contra de la desigualdad socio-económica, mejorando los niveles de calidad de vida, así como acceso a educación que promueva el aumento de personas con carreras profesionales que apunten a mejores empleos.

6. Conclusiones

Se logró identificar el mejor modelo bayesiano para cada uno de los años de estudio, en los cuales se

identificaron las variables que más influyen en los casos de dengue en el departamento de Atlántico, es decir, los niveles sociales de la población, las viviendas inadecuadas, la falta de servicios de acueducto y alcantarillado, la población infantil que no asiste al colegio y el deficiente ingreso económico de los hogares. Adicionalmente, las personas que se desplazan a las áreas urbanas donde no hay una planeación del territorio se ubican en lugares sin acceso a los servicios básicos y por ende adquieren prácticas desfavorables que promueven la reproducción del mosquito. Hay municipios donde se debe

priorizar la atención. Si bien es cierto que Barranquilla y Soledad son los municipios que más casos de dengue reportan y alarman a las autoridades, el departamento de Atlántico tiene municipios donde la razón de personas afectadas por dengue es mayor; aunque las cifras de casos reportados no parezcan impresionantes son las áreas de mayor riesgo de la enfermedad. Las campañas y programas de atención para prevenir la enfermedad del dengue deben apuntar a mejorar la estructura social del departamento, que genera desigualdades en este nivel así como en el económico.



Referencias

- Aburas, H. M., Cetiner, B. G. y Sari, M. (2010). Dengue confirmed-cases prediction: A neural network model. *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4256-4260. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.11.077>
- Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados (ACNUR). (s. f.). Diagnóstico departamental Atlántico. Recuperado de http://www.acnur.org/t3/uploads/media/COI_2163.pdf?view=1
- Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., ... Hay, S. I. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature*, 496(7446), 504-507. Recuperado de <http://doi.org/10.1038/nature12060>
- Brady, O. J., Gething, P. W., Bhatt, S., Messina, J. P., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., ... Hay, S. I. (2012). Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(8), e1760. Recuperado de <http://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001760>
- Cadena, M., Guzmán, D. y Ruíz, J. F. (2014). Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través de análisis de componentes principales (ACP). *Grupo de modelamiento de tiempo, clima, y escenarios de cambio climático*. Subdirección de meteorología-IDEAM. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2005). Recuperado de <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/proyecciones-de-poblacion>
- Del Valle, J. A. (2016). Introducción a las Cadenas o Procesos de Markov. Recuperado de http://www.ingenieria.unam.mx/javica1/ingsistemas2/Simulacion/Cadenas_de_Markov.htm
- Dom, N. C., Hassan, A. A., Latif, Z. A. & Ismail, R. (2013). Generating temporal model using climate variables for the prediction of dengue cases in Subang Jaya, Malaysia. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 3(5), 352-361. Recuperado de [http://doi.org/10.1016/S2222-1808\(13\)60084-5](http://doi.org/10.1016/S2222-1808(13)60084-5)
- Echavarría, A. y Quintero, O. L. (2012). Estudio de los factores climáticos y geográficos que influyen en la presencia de casos de dengue y criaderos de *Aedes aegypti* en el municipio de Bello. Recuperado de <http://repository.eafit.edu.co:80/handle/10784/4614>
- Espinosa, R. (1998). La problemática de los desplazados en el Atlántico. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-824868>
- Feres, J. C. y Mancero, X. (2001). *El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina*. CEPAL. Recuperado de <http://dds.cepal.org/infancia/guide-to-estimating-child-poverty/bibliografia/capitulo-III/Feres%20Juan%20Carlos%20y%20Xavier%20Mancero%20%282001b%29%20EI%20metodo%20de%20las%20necesidades%20basicas%20insatisfechas%20%28NBI%29%20y%20sus%20aplicaciones%20en%20America%20Latina.pdf>

- Gobernación de Atlántico. Secretaría de planeación Atlántico (2010). Anuario estadístico del Atlántico 2010. Recuperado de <http://atlantico.gov.co>
- González, R., Infante, S. y Hernández, A. (2012). Modelos jerárquicos espacio temporales para mapear riesgos relativos de dengue, en el Municipio Girardot, Estado Aragua, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 52(1), 33-45. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482012000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Honorato, T., Lapa, P. P. de A., Sales, C. M. M., Reis-Santos, B., Tristão-Sá, R., Bertolde, A. I. y Maciel, E. L. N. (2014). Spatial analysis of distribution of dengue cases in Espírito Santo, Brazil, in 2010: use of Bayesian model. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, 17, 150-159. Recuperado de <http://doi.org/10.1590/1809-4503201400060013>
- Instituto Nacional de Salud. (2013). Situación del dengue en Colombia, 2013. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/noticias/paginas/situaci%C3%B3n-del-dengue-en-colombia-hasta-el-16-de-febrero-de-2013.aspx#.V2n3vVnKuU4>
- Lawson, A. (2008). Bayesian Disease Mapping: Hierarchical Modeling in Spatial Epidemiology. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Mena, N., Troyo, A., Bonilla-Carrión, R. y Calderón-Arguedas, Ó. (2011). Factors associated with incidence of dengue in Costa Rica. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 29(4), 234-242. <http://doi.org/10.1590/S1020-49892011000400004>
- Ministerio de Educación Nacional. (2012) Región Caribe (Costa Atlántica) en Educación. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-283230_archivo_pdf_perfil.pdf
- Monsalve, N. C., Rubio-Palis, Y. y Pérez, M. E. (2010). Modelaje bayesiano espacio-temporal de factores asociados con la incidencia del dengue en el área metropolitana de Maracay, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 50(2), 219-232. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482010000200006&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Mosquera, M., Obregón, R., Lloyd, L. S., Orozco, M. y Peña, A. (2010). Reflexiones sobre el alcance de la investigación formativa en comunicación en salud en los programas de prevención y control de dengue. El caso de Barranquilla (Colombia). *Investigación y Desarrollo*, 18(1), 186-217. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3685496>
- Murcia, C. E. y Sarmiento F.J. (2015). *Modelos bayesianos para describir el comportamiento del cáncer gástrico en Colombia en el periodo 2005-2012* (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2012). Dengue. Recuperado de <http://www.who.int/topics/dengue/es/>
- Padilla, J. C., Rojas, D. P. y Sáenz Gómez, R. (2012). *Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia*. Bogotá, Colombia: Guías de Impresión Ltda.
- Pfeiffer, D., Robinson, T., Stevenson, M., Stevens, K., Rogers, D. y Clements, A. (2008) *Spatial Analysis in Epidemiology*. Oxford: University Press

- Phung, D., Huang, C., Rutherford, S., Chu, C., Wang, X., Nguyen, M., ... Manh, C. D. (2015). Identification of the prediction model for dengue incidence in Can Tho city, a Mekong Delta area in Vietnam. *Acta Tropica*, 141, Part A, 88-96. <http://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.10.005>
- Santos, S. L. dos, Parra-Henao, G., Silva, M. B. C. & Augusto, L. G. da S. (2014). Dengue in Brazil and Colombia: a study of knowledge, attitudes, and practices. *Revista Da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 47(6), 783-787. <http://doi.org/10.1590/0037-8682-0048-2014>
- Segebre, J. A. (2012). Plan de desarrollo 2012-2015. Gobernación de Atlántico-Atlántico más social. Recuperado de http://www.atlantico.gov.co/images/stories/plan_desarrollo/plan_desarrollo_2012-2015.pdf
- Silveira, G. P. y de Barros, L. C. (2015). Analysis of the dengue risk by means of a Takagi–Sugeno-style model. *Fuzzy Sets and Systems*, 277, 122-137. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2015.03.003>
- SIVIGILA. (2013). Vigilancia Rutinaria. Recuperado de <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Paginas/vigilancia-rutinaria.aspx>
- Torres, C., Barguil, S., Melgarejo, M. y Olarte, A. (2014). Fuzzy model identification of dengue epidemic in Colombia based on multiresolution analysis. *Artificial Intelligence in Medicine*, 60(1), 41-51. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.artmed.2013.11.008>
- Waller, L. A. y Gotway, C. A. (2004). *Applied spatial statistics for public health data*. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.
- Wongkoon, S., Jaroensutasinee, M. y Jaroensutasinee, K. (2012). Development of temporal modeling for prediction of dengue infection in Northeastern Thailand. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 5(3), 249-252. [http://doi.org/10.1016/S1995-7645\(12\)60034-0](http://doi.org/10.1016/S1995-7645(12)60034-0)



Uso de Modelos Lineales Generalizados (MLG) para la interpolación espacial de PM10 utilizando imágenes satelitales Landsat para la ciudad de Bogotá, Colombia



GENERALIZED LINEAR MODELS (GLM) FOR SPATIAL INTERPOLATION OF PM10 USING LANDSAT SATELLITE IMAGES FOR THE CITY OF BOGOTÁ, COLOMBIA

USO DE MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (MLG) PARA A INTERPOLAÇÃO ESPACIAL DE PM10 USANDO IMAGENS SATELITAIS LANDSAT PARA A CIDADE DE BOGOTÁ, COLÔMBIA

MIGUEL ÁNGEL Ramírez Gutiérrez¹

Para citar este artículo: Ramírez Gutiérrez, M. A. (2017). Uso de Modelos Lineales Generalizados (MLG) para la interpolación espacial de PM10 utilizando imágenes satelitales Landsat para la ciudad de Bogotá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 22(2), 105-121. doi: 10.19053/01233769.5600

Recepción:
21 de noviembre de 2016

Evaluación:
13 de junio de 2017

Aprobación:
26 de octubre de 2017

Resumen

El propósito de este artículo es emplear métodos alternativos para la interpolación espacial del PM10 en la ciudad de Bogotá D.C., evaluando para ello estadísticamente el ajuste los modelos lineales generalizados (MLG) tipo Normal y Gamma en Bogotá, además de analizar su eficacia espacial a partir de la dinámica de la ciudad. Se tomó como insumos imágenes satelitales de la misión Landsat y las mediciones reportadas

¹ Ingeniero catastral y geodesta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. miaramirezg@correo.udistrital.edu.co

por las estaciones de monitoreo del 2010, 2013 y 2015. El resultado muestra que el uso del modelo Gamma es óptimo, sin desconocer que es necesario robustecer estadísticamente y espacialmente más la aplicación de este tipo de metodologías.

Palabras clave: *contaminación del aire, GLM, imágenes satelitales, interpolación espacial PM10.*

Abstract

The purpose of this article was to use alternative methods for the spatial interpolation of PM10 in the city of Bogotá DC in order to evaluate the statistic adjustment of the generalized linear models (GLM), type Normal and Gamma, in Bogota. In addition, the article sought to analyze their spatial efficiency with regard to city dynamics. Satellite images from the Landsat mission and measurements reported by the monitoring stations in 2010, 2013, and 2015 were used as inputs. The results show that the use of the Gamma model is optimal, without disregarding the need to statistically and spatially strengthen the application of this type of methodology.

Keywords: *Air Pollutants, GLM, Satellite image, Spatial Interpolation, PM10.*

Resumo

O propósito de este artigo foi usar métodos alternativos para a interpolação espacial do PM10 na cidade de Bogotá D.C., avaliando estatisticamente o ajuste dos modelos lineares generalizados (MLG) tipo Normal e Gamma em Bogotá, além disso analisar sua eficácia espacial a partir da dinâmica da cidade. Se tomou como insumo imagens satelitais da missão Landsat e das medições reportadas pelas estações de monitoração do 2010, 2013 y 2015. O resultado mostra que o uso do modelo Gamma é ótimo, sem desconhecer que é preciso robustecer mais estatisticamente e espacialmente a aplicação de este tipo de metodologias.

Palavras chave: *Contaminação do ar, GLM, imagens satelitais, interpolação espacial, PM10.*

1. Introducción

En las últimas décadas, la contaminación del aire ha sido un tema esencial en distintas investigaciones ambientales tanto de alcance regional como global (Londoño, Correa y Palacio, 2011), debido a que la presencia de contaminantes en el aire está estrechamente relacionada con el aumento de problemas de salud, principalmente los de carácter respiratorio y cardíaco (Aldunate, Paz y Halvorsen, 2006; Franco et al., 2013; De La Pava, Salguero y Fernández, 2008). Esta situación es alarmante ya que los contaminantes han alcanzado niveles preocupantes para la salud de la población, muestra de ello es la mortalidad en promedio de 2,5 millones de personas en el mundo por problemas relacionados con la contaminación del aire (WHO, 2011). De la misma manera, Cortes (2013) ha tomado como objeto de estudio la relación entre la contaminación del aire y un conjunto de variables meteorológicas tanto de tipo regional como local, además de demostrarse la eficacia de empleo de métodos predictivos, como fue el caso del Kriging Funcional (Montero y Fernández-Avilés, 2015).

El aire es afectado por todo tipo de contaminantes, uno de los más peligrosos es el PM10, debido a que abarca al material particulado menor a diez micrones. Por consiguiente, es lo suficientemente pequeño para ser inhalado y acumulado en el sistema respiratorio causando serios problemas de salud (Othman, Jafri y San, 2010).

Bogotá es una ciudad dinámica en todos los sentidos debido a su constante crecimiento y densificación espacial, lo que ha desencadenado que posea todo tipo de actividades entre ellas industriales, mineras y de construcción, que han provocado en los últimos años un incremento en los niveles de concentración de PM10 (Arciniegas, Rodríguez, Pachón, Sarmiento y

Hernández Flórez, 2006). Por tanto, se han realizado distintas investigaciones relacionadas con el estudio del comportamiento de este contaminante, desde análisis descriptivos de la distribución del PM10 en la ciudad, identificación del tipo de relación entre este contaminante y otros factores ambientales (Gaitán, Cancino y Behrentz, 2007). Por otro lado, se evidencia el uso de técnicas estadísticas con el propósito de estimar la presencia de este contaminante en el área urbana de la ciudad, como fue el empleo de una función de covarianza no separable para la estimación de un modelo espacio-temporal del PM10 (Bohórquez, 2010). Llegando al empleo de técnicas gravimétricas en relación con las concentraciones de PM10, como caso de estudio en cinco escuelas de la ciudad, donde el resultado de la concentración de este contaminante es crítico en los establecimientos educativos (Franco et al, 2013). Además para toda Bogotá fue realizada una simulación matemática empleando el modelo CCATT-BRAMS en distintas fechas, obteniendo una modelación adecuada del contaminante, debido a que fueron consideradas distintas variables meteorológicas como los patrones de viento (Rincón, 2015).

La percepción remota ha sido utilizada alrededor del mundo en investigaciones relacionadas con el estudio de los aerosoles de la atmósfera. En el desierto de Chihuahua fueron caracterizados sus *dustout breaks* con el uso de datos de teledetección, demostrando que este método ha permitido identificar sus fuentes, sin importar la plataforma satelital que sea empleada (Rivera, Gill, Gebhart, Hand, Bleiweiss y Fitzgerald, 2009). Mientras que en la región delta del Nilo fue realizada la estimación de la variación temporal de la temperatura superficial terrestre (LTS) a partir de los contaminantes del aire mediante imágenes satelitales de la misión Landsat 7 y datos recolectados de la calidad del aire proporcionados por los entes responsables de su control (Incecik y

Im, 2012). Adicionalmente, fue realizado un estudio sobre la mejora de algoritmos para la recuperación de datos de aerosol utilizando imágenes Landsat y ASTER (Hadjimitsis y Clayton, 2009), así como la implementación de una aplicación para monitorear PM10 en distintas zonas urbanas (Lu, Wong, Zhao, Yan y Xiao, 2015). Para la estimación de PM10 en zonas no muestreadas, ha sido utilizado el carácter físico de la reflectancia capturada por las bandas del visible de las imágenes satelitales empleando para ello regresiones realizadas por mínimos cuadrados ordinarios (Othman et. al., 2010).

2. Metodología

2.1. Área de estudio

El ente competente de la vigilancia y el control ambiental en Bogotá es la Secretaría Distrital de Medio Ambiente (SDA), que controla la red de monitoreo del aire dispuesta por toda la ciudad (Gaitán et.

al., 2007), conformada por quince estaciones que reportan los principales indicadores de calidad del aire de la ciudad. Para el caso de esta investigación, fue utilizado solamente la concentración de PM10, debido a que solo diez de las quince reportaron (Figura 1) periódicamente la concentración del contaminante en las fechas analizadas.

2.2. Materiales y métodos

El principal insumo para el estudio fueron imágenes satelitales y en este caso las de la misión Landsat 5 y 8, ya que han sido empleadas en diferentes investigaciones para el modelamiento del contaminante a partir de las variables físicas que ofrecen las imágenes satelitales (Othman et al., 2010; Álvarez, 2014). Las imágenes fueron descargadas de la plataforma del United States Geological Survey (USGS) utilizando los siguientes parámetros: Path: 8, Row: 57 (debido a la ubicación de Bogotá) y porcentaje de nubosidad menor al 50%. En la Tabla 1 se observa un resumen de las imágenes que cumplieron dichos criterios.

FIGURA 1.

Área de Estudio y Estaciones de monitoreo: Correspondiente al área urbana de la ciudad de Bogotá

Fuente: *Elaboración propia.*

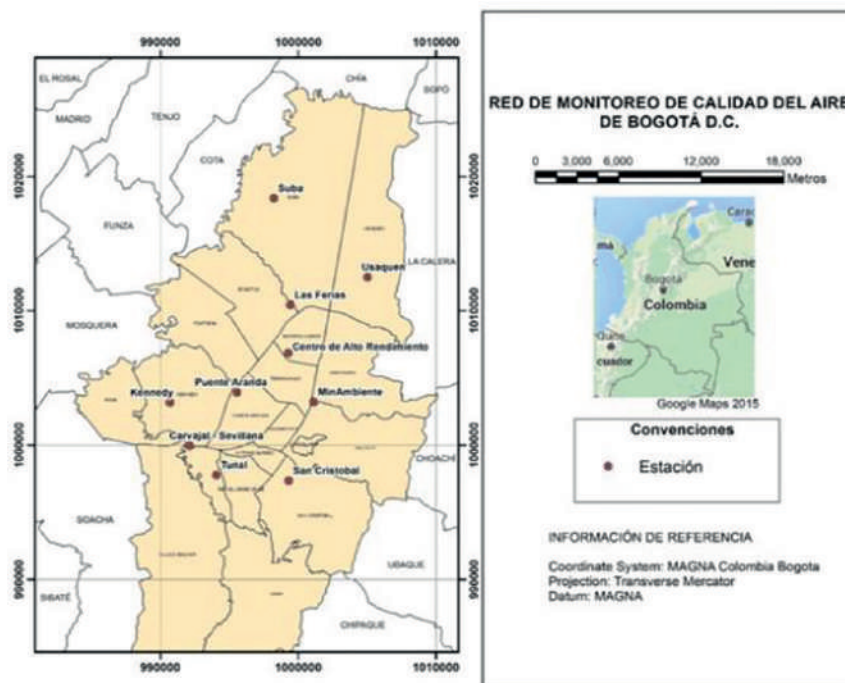


TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE LAS IMÁGENES SATELITALES UTILIZADAS EN EL ESTUDIO

IMAGEN	MISIÓN	SENSOR	FECHA Y HORA DE CAPTURA
2010	Landsat 5	TM	Enero 22 de 2010, 3:00 p.m. GMT: -5
2014	Landsat 8	OLI	Febrero 21 de 2014, 3:00 p.m. GMT: -5
2015	Landsat 8	OLI	Enero 1 de 2015, 3:00 p.m. GMT: -5

Fuente: *Elaboración propia.*

Así mismo, para esas mismas fechas y horas (Tabla 1) se consultaron los datos de PM10 en el aplicativo web de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), con el propósito de obtener los insumos necesarios para establecer los modelos y las estimaciones para las fechas de estudio.

Para el procesamiento digital de las imágenes, el tratamiento estadístico de los datos y la definición de los modelos lineales generalizados resultantes fue utilizado el *software* de dominio libre R 3.2.0 (R Core Team, 2015), y para los procesos relacionados con análisis y visualización espacial fue empleado el *software* de dominio libre QGIS 2.8.3 (QGIS Development Team, 2015).

Como primera instancia, se realizó la calibración radiométrica de las imágenes satelitales (Othman et al., 2010; Álvarez, 2014), puesto que el objetivo es trabajar con los valores de reflectancia por el carácter físico de la estimación (Guzmán y Restrepo, 2015). Para la calibración radiométrica, se utilizaron los parámetros disponibles en los metadatos de las imágenes satelitales para cada banda espectral, el procedimiento fue diferente para la imagen Landsat 8 en comparación a las de Landsat 5, debido a que fue posible transformarlo directamente a reflectancia (Czapla-Myers, Anderson, Thome y Biggar, 2014), mientras que para las imágenes de la misión Landsat 5 fue necesario el paso intermedio de conversión a radiancia (Chander, Markham y Helder, 2009).

Por último, se realizó la unión de las tres primeras bandas calibradas y el recorte de la imagen satelital correspondiente al área de estudio, es decir, la zona urbana de Bogotá.

Con las concentraciones de PM10 fue construida una base de datos espacial, paralelamente, fue realizado un análisis exploratorio con el objetivo de evaluar las características estadísticas (media, desviación estándar, máximo, mínimo y asimetría) de cada conjunto de datos.

Teniendo las imágenes satelitales calibradas, fueron extraídos los valores de reflectancia de las estaciones que reportaron PM10 para la fecha de captura, donde se utilizaron distintas herramientas de análisis espacial relacionadas con el manejo de datos tipo raster. Partiendo de que estos valores en los modelos corresponden a las variables independientes (Othman et al., 2010), para esta investigación se asumió que los datos de PM10 pueden ser modelados a partir de las bandas espectrales del visible de las imágenes satelitales de la misión Landsat, aceptando que existe independencia entre las mediciones reportadas por cada estación de monitoreo de la Secretaría Distrital de Medio Ambiente (SDA).

Luego de haber elaborado el análisis exploratorio, fue realizado el test de Shapiro-Wilk a cada muestra, con el propósito de establecer si el conjunto de datos sigue una distribución normal (Razali y Wah, 2011), donde se evaluó si es del todo apropiado emplear

un modelo por mínimos cuadrados ordinarios o MLG tipo Normal (Othman et al., 2010), debido a que esta es una de las restricciones estadísticas más fuerte de este (Morales y Flórez, 2015). Paralelamente se realizó el modelo lineal generalizado tipo Gamma, ya que los valores de concentración de PM10 son mayores a cero y están concentrados por debajo de la media, como lo señala Gaitán et al. (2007). Por consiguiente, es necesario tener en cuenta que para definir el PM10, en ambos casos, se utilizan las adopciones de los MLG (Dobson y Barnett, 2008), como se visualiza en la Ecuación 1.

$$g(PM10) = x_i^T \beta \quad (1)$$

Donde β es el vector de parámetros, es decir, los coeficientes del modelo, x_i es el vector compuesto por el intercepto (representado por un uno) y las tres bandas espectrales del visible (azul, verde y rojo), mientras que $g(PM10)$ es la función de enlace de la variable respuesta. En el caso del modelo por mínimos cuadrados ordinarios (el cual es un caso particular), la función de enlace es la identidad, mientras que el caso de la Gamma esta se estableció con el uso del Criterio de Información Bayesiano (BIC) (Watanabe, 2013), es decir, que como resultado para cada año hay un modelo de cada tipo, de igual forma se utilizó esta misma medida (Ecuación 2) para establecer qué modelo posee mejor ajuste respecto al otro (Escolano y Espín, 2016). Para valorar el ajuste de los modelos, se utilizó para el GLM normal el coeficiente de determinación y la prueba F de Fisher, que contempla como hipótesis nula que ninguna variable independiente ejerce efecto sobre la variable dependiente; mientras que para el GLM Gamma fue realizada la prueba Chi Cuadrado a partir de su desviación nula (Ecuación 3), la cual tiene la misma hipótesis nula de la prueba F de Fisher (Pope, Alexander y Robinson, 2016).

$$BIC = -2 \ln L(\hat{\beta}) + k \ln n \quad (2)$$

$$\lambda(\beta) = 2[L(\text{Modelo Saturado}) - L(\hat{\beta})] \quad (3)$$

La ecuación 2 representa el cálculo del BIC mientras que la ecuación 3 representa el de la desviación nula $\lambda(\beta)$ (Montgomery, Peck y Vining, 2015). Donde $L(\hat{\beta})$ corresponde al valor de máxima verosimilitud del modelo estimado, n representa al número de observaciones, k el número de regresores y $L(\text{Modelo Saturado})$ hace referencia al valor de máxima verosimilitud del modelo saturado, el cual asume que k es igual a n .

Adicionalmente, se elaboró la interpolación espacial, aplicando los modelos escogidos a partir de los valores de reflectancia que posee cada pixel de las imágenes satelitales utilizadas, con el propósito de comparar la potencia espacial de cada uno a la hora de describir la dinámica de la ciudad de Bogotá en las fechas estudiadas. La metodología descrita se encuentra explicada en la Figura 2.

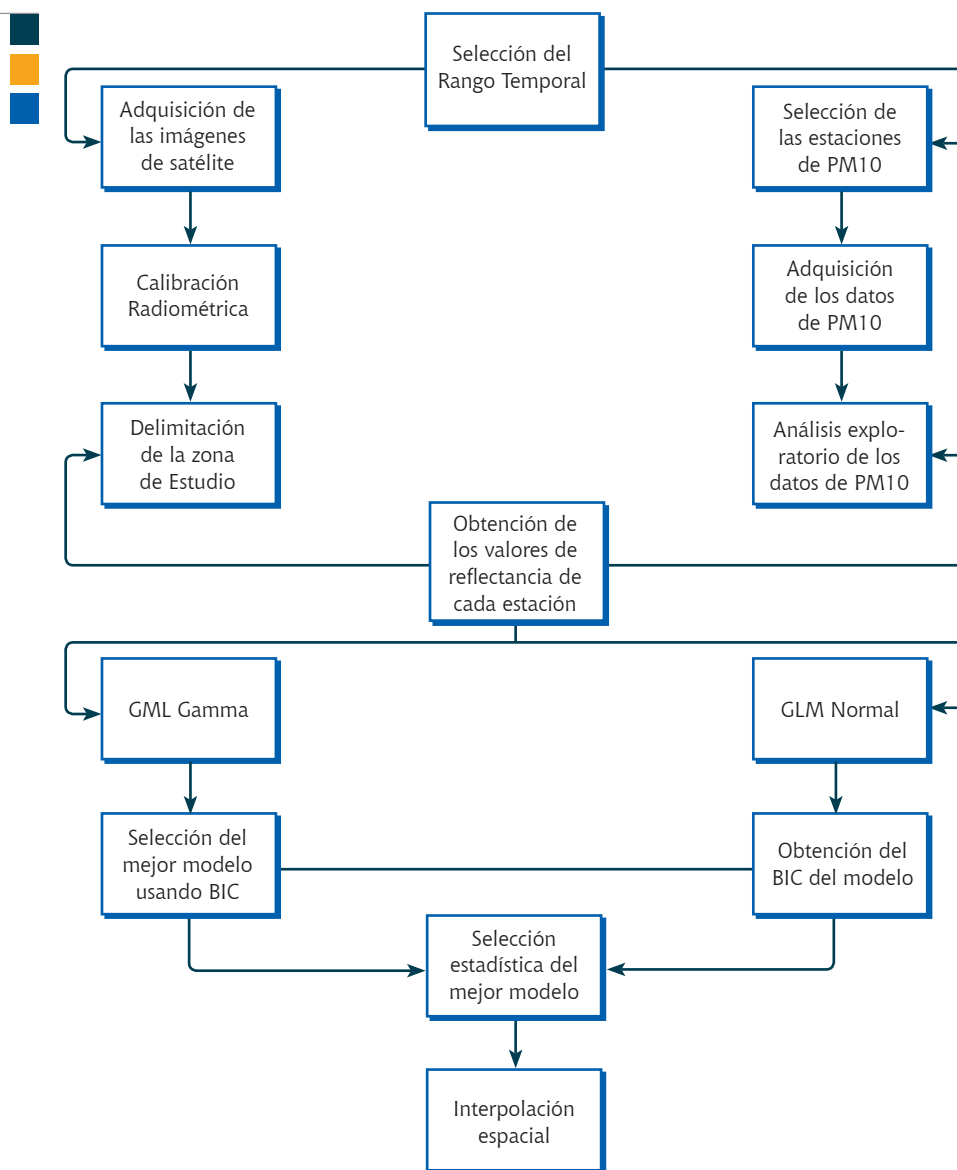
3. Resultados y discusión

El primer resultado corresponde al análisis exploratorio de los datos para cada muestra, en el cual se estableció con claridad que los datos poseen gran variabilidad, debido a que la desviación estándar es alta en todos los casos, no obstante esta característica es buena porque asegura que los datos oscilan en un espacio amplio, es decir, que está descrita la mayor parte del rango de fluctuación del contaminante, lo que se puede verificar con el máximo y el mínimo de cada muestra, además de considerar que las estaciones están dispuestas por toda Bogotá. Otro aspecto para resaltar es la asimetría, debido a que siempre fue positiva, esto quiere decir que los datos se concentran en valores menores a la media, por

FIGURA 2.

Metodología aplicada en el estudio

Fuente: *Elaboración propia.*



consiguiente, si se tiene en cuenta también que los valores de polución siempre son positivos, se puede asumir con estas características que la distribución de los datos se asemeja a una gamma (Doncel y Sánchez, 2010), es decir, es apropiado adoptar un MLG de este tipo. Lo anterior se visualiza en la Tabla 2.

El siguiente procedimiento fue emplear el test de Shapiro-Wilk (Tabla 3) a cada conjunto de datos,

arrojando como resultado que no hay suficiente evidencia estadística para rechazar su hipótesis nula, es decir, que se puede aceptar que su distribución de probabilidad se asemeja a una normal, dado que se trabajó con una confianza del 95%. Por lo tanto, no es errado emplear un modelo por mínimos cuadrados ordinarios o MLG tipo Normal, para este tipo de datos.

TABLA 2. ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS PARA CADA MUESTRA SELECCIONADA

AÑO	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	ASIMETRÍA
2010	103.57	39.05	32	150	0.51
2014	25.89	10.50	10	61	0.95
2015	101.89	62.90	27	222	0.50

Fuente: *Elaboración propia.*

TABLA 3. PRUEBA DE SHAPIRO-WILK PARA CADA MUESTRA SELECCIONADA

Año	W	P-Valor
2010	0.93108	0.5601
2014	0.86388	0.1056
2015	0.9356	0.5364

Fuente: *elaboración propia.*

Con las condiciones estadísticas apropiadas, se procedió a la estimación de los modelos. En primera instancia, se estimaron por mínimos cuadrados ordinarios (Tabla 4) o MLG tipo Normal, donde se obtuvo que los coeficientes de determinación (R^2) ajustados de los modelos tipo normal no son significativos, es decir, no se explica completamente la variabilidad del contaminante, sin embargo, la prueba F, bajo un 95% de confianza, asegura que los modelos son apropiados. No obstante, las consideraciones estadísticas anteriores no fueron profundizadas en los estudios consultados (Othman et al., 2010; Álvarez, 2014), por lo que es preocupante,

puesto que dadas estas condiciones los modelos no son adecuados para el fenómeno estudiado, si se tienen en cuenta sus indicadores estadísticos. Otro aspecto para destacar son los coeficientes estimados, debido que para los tres casos la banda espectral más influyente es la azul, es decir, que un aumento en ella afecta en promedio significativamente al contaminante, en comparación a las otras, el valor estimado de PM10.

TABLA 4. MODELOS MLG NORMAL PARA CADA FECHA DE ESTUDIO CON SUS INDICADORES RESPECTIVOS

MODELO	VARIABLE INDEPENDIENTE	ESTIMACIÓN	F	R2 AJUSTADO	BIC
2010	Intercepto	157.3	0.0837 p-valor=0.0356	0.1756	75.0192
	Banda Azul	-3171			
	Banda Verde	972			
	Banda Rojo	1877.66			
2014	Intercepto	34.57	0.1246 p-valor=0.0234	0.1966	83.3079
	Banda Azul	806.74			
	Banda Verde	-701.17			
	Banda Rojo	-163.07			
2015	Intercepto	-53.97	0.1517 p-valor=0.0345	0.1612	104.2024
	Banda Azul	4789.22			
	Banda Verde	-2632.11			
	Banda Rojo	-1185.93			

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se indicó en la metodología para los MLG tipo Gamma, es necesario establecer cuál es la mejor función de enlace, por tanto se utilizó el criterio BIC, los resultados se encuentran en la Tabla 5 y en la Tabla 6 los MLG tipo Gamma seleccionados con detalle. Para evaluar la bondad del ajuste de los modelos elegidos se utilizó la desviación nula, a la cual se le aplicó la prueba chi-cuadrado con una confianza del 95%, como se indica en la metodología, obteniendo que todos los modelos son

adecuados, por lo tanto, es válido emplearlos para explicar este fenómeno. Referente a los coeficientes estimados, persiste la relevancia sobre la banda azul en comparación con los demás modelos, lo cual se explica por fenómenos de dispersión de la luz como el de Rayleigh y su incidencia en esta banda espectral (Luchsinger, Redfield, Cauley, Barman y Jensen, 2017). Por consiguiente, existen las condiciones óptimas para realizar interpolaciones espaciales con los modelos estimados.

TABLA 5. EVALUACIÓN DEL CRITERIO BIC DE LOS MODELOS MLG GAMMA ESTIMADOS

MODELO	FUNCIÓN DE ENLACE	BIC
2010	Identidad	72.5998
	Inversa	77.7455
	Logarítmica	75.7211
2014	Identidad	78.8629
	Inversa	78.7831
	Logarítmica	78.8621
2015	Identidad	103.6263
	Inversa	103.8832
	Logarítmica	103.6647

Fuente: *Elaboración propia.*

TABLA 6. MODELOS MLG GAMMA SELECCIONADOS PARA CADA FECHA DE ESTUDIO CON SUS INDICADORES RESPECTIVOS

MODELO	VARIABLE INDEPENDIENTE	ESTIMACIÓN	FUNCIÓN DE ENLACE	NULA	BIC
2010	Intercepto	121.9	Identidad	14.273 p-valor=0.0267	72.5998
	Banda Azul	-3490.2			
	Banda Verde	931.3			
	Banda Rojo	2664.5			
2014	Intercepto	0.04098	Inversa	18.878 p-valor=0.0155	78.7831
	Banda Azul	-1.56262			
	Banda Verde	0.96243			
	Banda Rojo	0.62189			
2015	Intercepto	-112.7	Identidad	21.421 p-valor=0.0061	103.6263
	Banda Azul	4998.7			
	Banda Verde	-2175.7			
	Banda Rojo	-1555.9			

Fuente: *Elaboración propia.*

El siguiente procedimiento fue la realización de la interpolación (estimación) para cada muestra de acuerdo con los modelos seleccionados, utilizando los valores de reflectancia de los píxeles pertenecientes a las imágenes satelitales empleadas.

Para el año 2010, en la Tabla 7 se relacionan las estimaciones para cada una de las estaciones seleccionadas y en la Figura 3 se puede observar las interpolaciones realizadas, las cuales oscilan en un intervalo adecuado, es decir, no están alejadas del rango de la muestra y no hubo valores menores a cero, además de que puntualmente las estimaciones están relativamente cercanas a las reportadas por las estaciones de monitoreo. Es notorio que la predicción con el modelo Gamma da más detalle del comportamiento local del contaminante indicando; en diferencia al normal, se observa que la localidad de Bosa y Kennedy, además de los sectores industriales de Fontibón y Puente Aranda, presentan las mayores concentraciones del contaminante. Otro aspecto relevante son las zonas que no fueron correctamente

modeladas, como el caso de la zona norte de Suba, precisamente en la reserva Van der Hammen, lo cual corresponde a los invernaderos presentes en la zona, esto sucede porque este tipo de cobertura en las tres primeras bandas posee una alta reflectividad, esto se traduce en valores altos de reflectancia en las tres primeras bandas, de igual forma esto se puede corroborar también con las estimaciones reportadas para las estaciones de las Ferias y Suba (Tabla 7). La situación anterior también ocurre por la presencia de nubes, precisamente en la localidad de Ciudad Bolívar y Usme. Se destaca que el modelo Gamma acentúa más este tipo de inconsistencias.

Para el año de 2014 (Tabla 8 y Figura 4), para los dos modelos ocurre la misma situación del 2010, respecto al intervalo de oscilación de las interpolaciones. No obstante, el modelo Gamma es más cercano al rango de la muestra y permite también observar con detalle el comportamiento espacial del contaminante y las estimaciones para cada estación de monitoreo, teniendo en cuenta que los valores

TABLA 7. ESTIMACIONES DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS APLICANDO LOS MODELOS NORMAL Y GAMMA PARA EL AÑO 2010

ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN REPORTADA POR SDA	CONCENTRACIÓN ESTIMADA POR EL MLG NORMAL	CONCENTRACIÓN ESTIMADA POR EL MLG GAMMA
Carvajal – Sevillana	145	131.86	183.16
Centro de Alto Rendimiento	32	51.76	58.02
Kennedy	150	117.88	162.63
Las Ferias	142	108.55	137.43
Puente Aranda	95	80.35	103.10
San Cristobal	150	131.04	169.48
MinAmbiente	106	118.46	107.46
Suba	112	119.03	158.91
Tunal	88	128.58	84.01
Usaquén	140	117.08	151.28
RECM		23.80	22.59

Fuente: Elaboración propia.

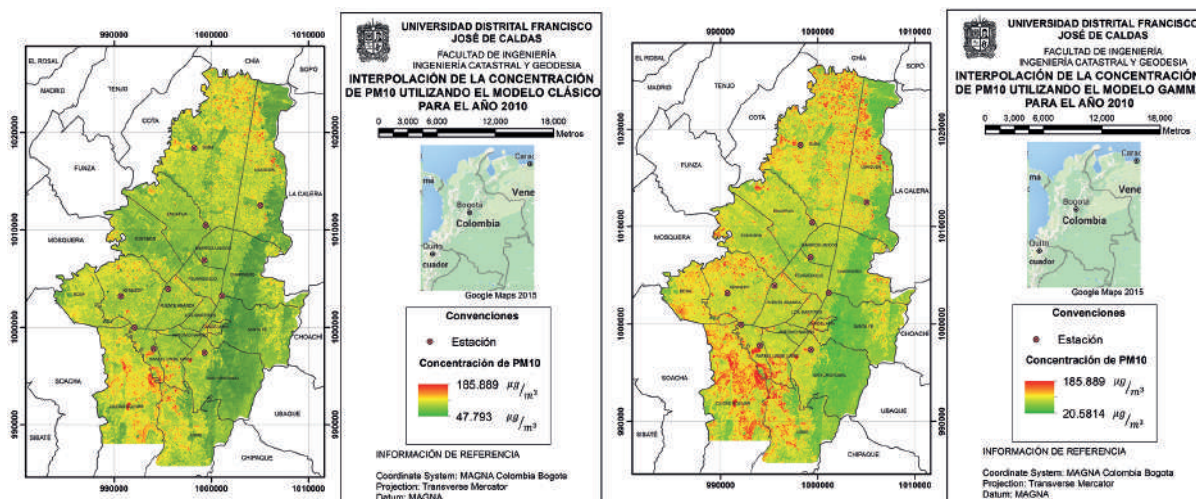


FIGURA 3. Interpolación espacial para el año 2010, a partir de los modelos seleccionados e imagen satelital tomada como insumo

Fuente: *Elaboración propia.*

máximos no sobrepasaron la concentración de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), por tanto para esa fecha no hubo concentraciones altas sino moderadas. Además, se observa que las localidades de Ciudad Bolívar y Usme son las que presentan la mayor concentración del contaminante, esta situación puede obedecer a que en estas dos localidades se localizan los parques mineros industriales², además se observa con facilidad la polución presente en las zonas construidas. No obstante, persiste el error ocurrido en la predicción por la presencia de nubes, como se visualiza a lo largo de la ciudad. Tabla 8.

Referente a la interpolación correspondiente al año 2015 (Tabla 9 y Figura 5), esta proporciona un escenario más claro del comportamiento espacial

del contaminante dentro de la ciudad, debido a la poca presencia de nubes. Además, el intervalo de la interpolación es cercano a la de la muestra de referencia, no obstante las estimaciones de las concentraciones de las estaciones de Kennedy y Tunal son atenuadas por los dos modelos (Tabla 9), siendo particularmente de las más altas, sin embargo, persiste el hecho de que da más detalle espacial el modelo Gamma, puesto que se visualiza con claridad la concentración de PM10 de acuerdo al uso y tipo del suelo, lo cual se asemeja a la dinámica cotidiana de la ciudad. Por lo tanto, las zonas verdes, de expansión urbana y rural poseen relativamente una concentración baja del contaminante mientras que las zonas construidas tienen una concentración media, por consiguiente las zonas industriales ubicadas en las localidades de Fontibón y Puente Aranda, además de la zona de carga del aeropuerto El Dorado, poseen una concentración alta. Persisten concentraciones

2 Los parques minero industriales son zonas en donde se permite desarrollar de manera transitoria la actividad minera.

TABLA 8: ESTIMACIONES DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS APLICANDO LOS MODELOS NORMAL Y GAMMA PARA EL AÑO 2014

ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN REPORTADA POR SDA	CONCENTRACIÓN ESTIMADA POR EL MLG NORMAL	CONCENTRACIÓN ESTIMADA POR EL MLG GAMMA
Carvajal–Sevillana	61	50,86	56,45
Centro de Alto Rendimiento	10	12,57	12,62
Kennedy	33	36,95	38,96
Las Ferias	12	20,35	15,17
Puente Aranda	16	28,51	21,69
San Cristóbal	17	26,68	26,53
MinAmbiente	23	15,77	18,11
Suba	41	21,23	20,64
Tunal	28	30,86	27,30
Usaquén	20	30,13	28,87
RECM		9,99	8,44

Fuente: *Elaboración propia.*

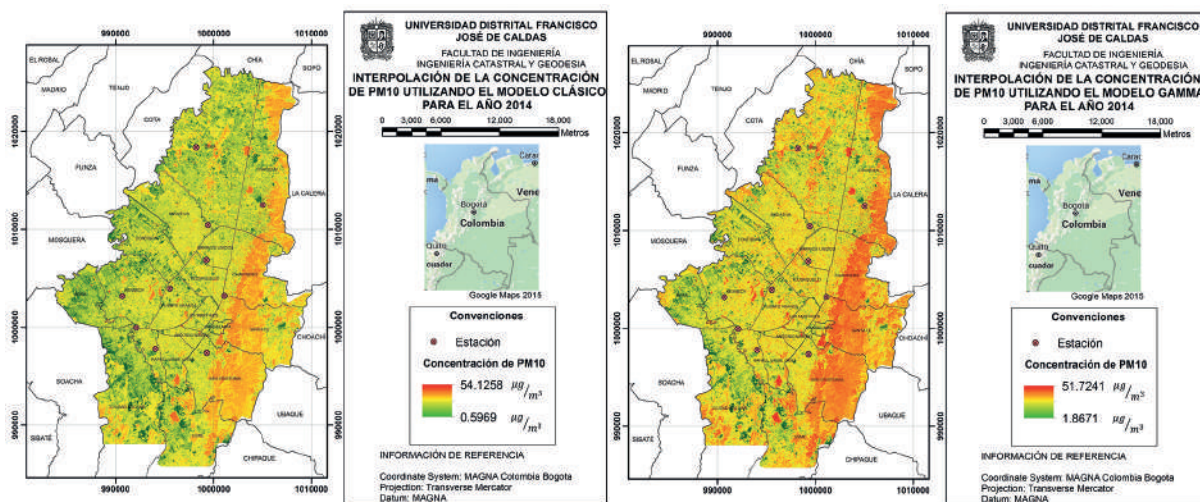


FIGURA 4.

Interpolación espacial para el año 2014, a partir de los modelos seleccionados e imagen satelital tomada como insumo

Fuente: *Elaboración propia.*

erróneas por la presencia de nubes e invernales, pero es baja en los dos modelos.

5. Conclusiones

Los modelos realizados por mínimos cuadrados ordinarios (MLG tipo Normal) no son muy ade-

TABLA 9. ESTIMACIONES DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS APLICANDO LOS MODELOS NORMAL Y GAMMA PARA EL AÑO 2015

ESTACIÓN	CONCENTRACIÓN REPORTADA POR SDA	CONCENTRACIÓN ESTIMADA POR EL MLG NORMAL	CONCENTRACIÓN ESTIMADA POR EL MLG GAMMA
Carvajal-Sevillana	151	181.17	183.70
Centro de Alto Rendimiento	84	78.16	77.51
Kennedy	222	155.40	149.67
Las Ferias	43	81.58	76.86
Puente Aranda	131	121.21	134.98
San Cristobal	140	150.80	145.08
MinAmbiente	74	53.52	74.77
Suba	50	60.04	57.13
Tunal	135	80.55	81.87
Usaquen	27	40.38	30.38
RECM		32.77	32.27

Fuente: *Elaboración propia.*

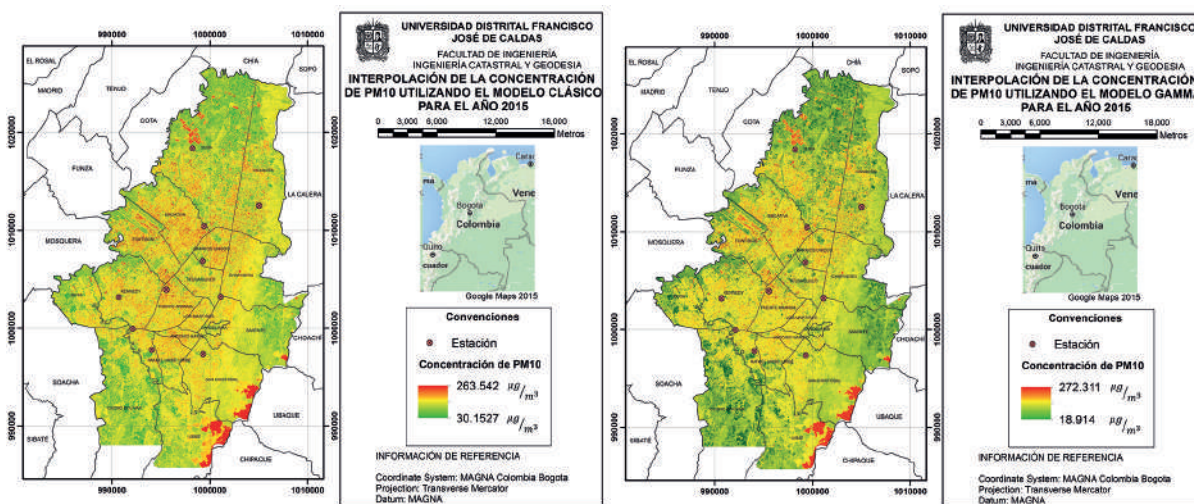


FIGURA 5:
Interpolación espacial para el año 2015, a partir de los modelos seleccionados e imagen satelital tomada como insumo

Fuente: *Elaboración propia.*

cuados para explicar el comportamiento espacial del contaminante, debido a que tiende a generalizar las estimaciones, esto provoca que se incremente la probabilidad de valorar erradamente alguna fuente

de polución, siendo preocupante esta situación porque no se utilizaría correctamente la propiedad física de los valores de reflectancia, suministrados por las imágenes satelitales. Pese a lo anterior, estos

modelos pueden ser empleados para la realización de diagnósticos iniciales de la concentración del contaminante alrededor de la ciudad.

En contraste a la situación anterior, el modelo lineal generalizado tipo Gamma generó mejores diagnósticos del comportamiento espacial de la concentración del contaminante PM10, dado que se pueden realizar descripciones localizadas y estimaciones más cercanas a los valores reportados por cada estación, sin embargo, estas son restringidas por la resolución espacial de la imagen satelital empleada. Por otro lado, el principal obstáculo al utilizar estos modelos está relacionado con los errores por presencia de nubes y coberturas reflectivas (como los invernaderos), debido a que son demasiado pronunciados, lo cual provoca pérdida de información en esas zonas.

Respecto a las imágenes satelitales, se observa que la calidad de las predicciones, de cualquiera de los modelos empleados, va en el mismo camino a las condiciones de estas. Por lo tanto, si la imagen posee alguna distorsión provocada por un fenómeno atmosférico, el sensor o simplemente a la hora de la captura hay presencia de múltiples nubes, siendo más preocupante si esto ocurre en donde se ubican las estaciones, lo anterior provocaría que la predicción no fuera del todo verídica dado que los valores de reflectancia han sido distorsionados por dichos fenómenos. Consecuentemente, esta situación es una limitante, dado que la eficacia de la interpolación dependería de las condiciones de toma y captura de las imágenes satelitales, lo cual son procesos meramente fortuitos.

No obstante, la aplicabilidad de esta metodología es relativamente sencilla para cualquier entidad que lo desee hacer como el SDA en el caso de Bogotá, debido a que los métodos empleados necesitan de pocos recursos tecnológicos (debido a la facilidad de automatizarlo, utilizando *software* libre o privado) y existen todo tipo de imágenes satelitales, que registran las tres bandas del visible, de diferente resolución espacial y además poseen una buena resolución temporal. Por lo tanto, se puede poseer monitoreo ambiental del área de estudio fácilmente, con el propósito de realizar diagnósticos más precisos en comparación a los que las entidades hacen actualmente.

Por las razones anteriores, es necesario que se estudien otros tipos de métodos de interpolación para la concentración de PM10, más en una situación como la presentada en la ciudad de Bogotá en donde pocas estaciones de monitoreo del aire registran periódicamente este fenómeno, debido a que los modelos empleados no fueron del todo adecuados para la descripción del contaminante. Por consiguiente, los futuros estudios deben ir en camino de empleo de métodos alternativos, teniendo el único objetivo de encontrar los que expliquen adecuadamente el comportamiento del PM10 utilizando como insumo las mediciones de reflectancia y se evalúe incluir otras variables independientes, como las bandas espectrales del infrarrojo, además de que consideren los errores que puedan tener las imágenes satelitales y el esquema de autocorrelación espacial que poseen los píxeles por su condición de vecindad.



Referencias

- Aldunate, P., Paz, O. y Halvorsen, K. (2006). Los efectos de la contaminación atmosférica por PM10 sobre la salud ciudad de La Paz–Bolivia (3650 msnm). *Acta Nova*, 3(2), 422-442. Recuperado de https://www.academia.edu/7012629/Los_efectos_de_la_contaminaci%C3%B3n_atmosf%C3%A9rica_por_PM10_sobre_la_salud_ciudad_de_La_Paz_-_Bolivia_3650_m.s.n.m
- Álvarez, C. (2014). *Estimación de contaminación del aire por PM10 en Quito determinado por índices ambientales obtenidos con imágenes satelitales Landsat ETM+* (tesis de doctorado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolguí, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8753/1/AC-SGA-ESPE-047962.pdf>
- Arciniegas, Á., Rodríguez, C., Pachón, J., Sarmiento, H. y Hernández Flórez, L. J. (2006). Relación entre enfermedad respiratoria aguda en niños menores a cinco años y contaminación atmosférica en Bogotá. *Investigaciones en seguridad social y salud*, 8(8), 121-135.
- Bohórquez, M. (2010). *Diferenciabilidad de funciones de covarianza espacio temporal no separables* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2855/>
- Chander, G., Markham, B. y Helder, D. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5), 893-903. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425709000169>
- Cortes, J. (2013). *Evaluación de la contaminación atmosférica en el aire ambiente de Manizales por COPs y PM10* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12171/>
- Czapla-Myers, J., Anderson, N., Thome, K. y Biggar, S. (2014). The absolute radiometric calibration of the Landsat 8 Operational Land Imager using the reflectance-based approach and the Radiometric Calibration Test Site (RadCaTS). *In SPIE Optical Engineering + Applications* (pp. 921819-921819). International Society for Optics and Photonics.
- De la Pava, E., Salguero, B. y Fernández, O. (2008). Modelación matemática de la relación partículas pm10-enfermedades pulmonares en la ciudad de Cali. *Scientia et Technica*, 1(38), 347-352. Recuperado de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/3777>
- Dobson, A. y Barnett, A. (2008). *An introduction to generalized linear models*. Boca Ratón, FL: CRC press.
- Doncel D. y Sánchez A. (2010). *Modelo de regresión lineal generalizado para el avalúo de terrenos de uso residencial, aplicado a las localidades de suba y Usaquén, Bogotá D.C* (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.
- Escolano, N. y Espín, J. (2016). *Econometría: series temporales y modelos de ecuaciones simultáneas*. España: Editorial Universidad Miguel Hernández.

- Franco, J., Rojas, N., Sarmiento, O., Hernández, L., Zapata, E., Maldonado, A.,... y Behrent, E. (2013). Niveles de material particulado en colegios distritales ubicados en vías con alto tráfico vehicular en la ciudad de Bogotá: estudio piloto. *Revista Facultad de Ingeniería*, (49), 101-111. Recuperado de http://www.ing.unal.edu.co/grupos/calidad_aire/doc/niveles%20de%20material%20particulado%20en%20colegios%20distritales.pdf
- Gaitán, M., Cancino, J. y Behrentz, E. (2007). Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. *Revista de Ingeniería*, (26), 81-92. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n26/n26a11.pdf>
- García, J., Teodoro, F., Cerdeira, R., Coelho, L. y Carvalho, M. (2014). Developing a methodology to predict PM10 urban concentrations using GLM. *Air Pollution XXII*, 183, 49-60. Recuperado de <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/AIR14/AIR14005FU1.pdf>
- Guzmán, M. y Restrepo, A. (2015). Revisión del estado del arte sobre modelos para calcular propiedades ópticas atmosféricas a partir de imágenes digitales. *Revista politécnica*, 9(16), 85-103. Recuperado de <http://132.248.9.34/hevila/Revistapolitecnica/2013/no16/8.pdf>
- Hadjimitsis, D. y Clayton, C. (2009). Determination of aerosol optical thickness through the derivation of an atmospheric correction for short-wavelength Landsat TM and ASTER image data: an application to areas located in the vicinity of airports at UK and Cyprus. *Applied Geomatics*, 1(1-2), 31-40. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/225160386_Determination_of_Aerosol_optical_thickness_through_the_derivation_of_an_atmospheric_correction_for_short-wavelength_Landsat_TM_and_ASTER_image_data_An_application_to_areas_located_in_the_vicinity_of_a
- Incecik, S. y Im, U. (2012). Air pollution in mega cities: a case study of Istanbul. *Air Pollution—Monitoring, Modelling and Health*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/224828859_Air_Pollution_in_Mega_Cities_A_Case_Study_of_Istanbul
- Londoño, J., Correa, M. y Palacio, C. (2011). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia. *Revista EIA*, (16), 149-162. Recuperado de <https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/149/1/REI00168.pdf>
- Luchsinger, K., Redfield, S., Cauley, P. W., Barman, T. S. y Jensen, A. G. (2017). *Blue Skies through a Blue Sky: an attempt to detect Rayleigh scattering in an exoplanet atmosphere from a ground-based telescope*. Middletown, CN: Wesleyan University. Recuperado de http://wescholar.wesleyan.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1173&context=etd_mas_theses
- Luo, N., Wong, M., Zhao, W., Yan, X. y Xiao, F. (2015). Improved aerosol retrieval algorithm using Landsat images and its application for PM 10 monitoring over urban areas. *Atmospheric Research*, 153, 264-275.
- Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución N° 610 Realiza ajustes a la Resolución 601 de 2006 sobre la norma de calidad del aire o nivel de emisión. Diario Oficial de la República de Colombia.

- Montero, J. y Fernández-Avilés, G. (2015). Functional Kriging Prediction of Pollution Series: The Geostatistical Alternative for Spatially-Fixed Data. *Estudios de Economía Aplicada*, 33(1), 145-173. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/301/30133775008.pdf>
- Montgomery, D., Peck, E. y Vining, G. (2015). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
- Morales, J. y Flórez, G. (2015). Comparación de la regresión GINI con la regresión de mínimos cuadrados ordinarios y otros modelos de regresión lineal robustos. *Comunicaciones en Estadística*, 8(2), 129-161. Recuperado de <http://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/estadistica/article/view/1186>
- Othman, N., Jafri, M. y San, L. (2010). Estimating particulate matter concentration over arid region using satellite remote sensing: A case study in Makkah, Saudi Arabia. *Modern Applied Science*, 4(11), 131. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/47498305_Estimating_Part particulate_Matter_Concentration_over_Arid_Region_Using_Satellite_Remote_Sensing_A_Case_Study_in_Makkah_Saudi_Arabia
- Pope, H., Alexander, M. y Robinson, T. (2016). Filtration, feeding behaviour and their implications for future spread: A comparison of an invasive and native barnacle in South Africa. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 479, 54-59.
- QGIS Development Team, (2015). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Recuperado de <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team. (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Recuperado de <http://www.R-project.org/>
- Razali, N. y Wah, Y. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33. Recuperado de http://www.de.ufpb.br/~ulisses/disciplinas/normality_tests_comparison.pdf
- Rincón, M. (2015). *Simulación regional de contaminantes atmosféricos para la ciudad de Bogotá* (tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/51092/>
- Rivera, N., Gill, T., Gebhart, K., Hand, J., Bleiweiss, M. y Fitzgerald, R. (2009). Wind modeling of Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric Environment*, 43(2), 347-354.
- Watanabe, S. (2013). A widely applicable Bayesian information criterion. *Journal of Machine Learning Research*, 14, 867-897. Recuperado de <http://jmlr.csail.mit.edu/papers/v14/watanabe13a.html>
- WHO (2011). Urban outdoor air pollution database. Department of Public Health and Environment, World Health Organization, Geneva. Recuperado de <http://www.who.int/phe>



Aproximaciones al desarrollo territorial desde un análisis del periurbano en Boyacá, Colombia



APPROACH TO TERRITORIAL DEVELOPMENT FROM ANALYSIS OF PERIURBAN IN BOYACÁ, COLOMBIA

APROXIMAÇÕES AO AL DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL DESDE UMA ANÁLISE DO PERIURBANO EM BOYACÁ, COLÔMBIA

DANILO CASTRO Ricaurte¹

Recepción:

11 de abril de 2017

Evaluación:

24 de julio de 2017

Aprobación:

13 de agosto de 2017

Para citar este artículo: Castro-Ricaurte, D. (2017). Aproximaciones al desarrollo territorial desde un análisis del periurbano en Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 22(2),123-136. doi: 10.19053/01233769.5956

Resumen

La zona central constituye el territorio con mayor desarrollo, calidad de vida y actividades socioeconómicas del departamento de Boyacá, la cual se extiende a lo largo del valle del río Chicamocha. Esta región tiende a integrarse gracias a las condiciones geográficas, usos y aprovechamientos del territorio a partir de una red de municipios que tiene como eje a Tunja, Duitama y Sogamoso, red que favorece la movilidad de la población y la diversidad de actividades en los municipios de la región. El presente artículo busca aportar al desarrollo regional a partir del análisis del periurbano de Tunja, Duitama, Sogamoso. El trabajo abarcó tres etapas: análisis de literatura y conceptos, trabajo de campo (para esto se realizó la aplicación de encuestas a la población y entrevistas a funcionarios de los municipios) y la formulación de un modelo de desarrollo

¹ Ingeniero geógrafo y ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA). Maestrando en Estudios Urbano Regionales de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. dacastrori@unal.edu.co

territorial con enfoque regional y no solo urbano, como muchas propuestas actuales en Boyacá y Colombia.

Palabras clave: *desarrollo regional, modelo, municipio, periurbano, región, territorio.*

Abstract

Boyacá's central region is the area with the highest development, quality of life and socio-economic activities of the department which extends along the valley of the Chicamocha River. This region tends to integrate through to the geographical conditions, use and exploitation of the territory from a network of municipalities whose axis to Tunja, Duitama and Sogamoso, which encourages the mobility of the population and diversity of activities in the municipalities in the region. The following paper seeks to contribute to regional development through the analysis of periurban Tunja, Duitama, Sogamoso. The work comprised three stages: First, analysis of literature and concepts; Second, fieldwork (for implementing this population surveys and interviews with municipal officials was held); and third, the development of a territorial development model with regional focus and not only urban development as many current proposals in Boyacá and Colombia.

Keywords: *model, municipality, periurban territory, region, regional planning.*

Resumo

A zona central constitui o território com maior desenvolvimento, qualidade vida e atividades socioeconômicas do departamento de Boyacá, que se estende pelo vale do Río Chicamocha. Essa região tende a se integrar pelas condições geográficas, usos e aproveitamentos do território a partir de uma rede de municípios que tem como eixo a Tunja, Duitama e Sogamoso, essa rede favorece a mobilidade da população e a diversidade de atividades nos municípios da região. O artigo busca aportar ao desenvolvimento regional a partir da análise do periurbano de Tunja, Duitama, Sogamoso. O trabalho abarcou três etapas: análise de literatura e conceitos, trabalho de campo (para isso foi feita a aplicação de enquetes à população e entrevistas aos funcionários dos municípios) e a formulação de um modelo de desenvolvimento territorial com enfoque regional e não simplesmente urbano como muitas propostas atuais em Boyacá e Colômbia.

Palavras chave: *desenvolvimento regional, modelo, município, periurbano, região, território.*

1. Introducción

Los grupos poblacionales buscan constantemente la mejor forma de relacionarse en el territorio que habitan y la forma e intensidad como aprovechan los recursos disponibles en este, con el fin de elevar su calidad de vida y disfrutar un ambiente sustentable. Para llevar a cabo estos planes, se formulan propuestas relacionadas con la forma de administrar el territorio, su planificación y gestión con el fin de generar una visión de desarrollo que beneficie a la población. Esa visión se construye a partir de la forma como se aprovechan los recursos disponibles y las capacidades de la población para elevar la calidad de vida de todos.

Hay diferentes formas de concebir el territorio: por un lado, como una construcción de lazos sociales a partir de la interacción y cooperación de los individuos (Fligstein, 2001); o como un elemento físico donde se asienta la población y tienen lugar las dinámicas económicas, sociales, culturales y políticas de la sociedad (Departamento Nacional de Planeación–DNP, 2009). A pesar que el desarrollo es un proceso esencialmente humano, se da sobre territorios concretos (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo–PNUD, 2002). Este ayuda a forjar identidades, rasgos culturales y relaciones socioeconómicas, las cuales dotan de características particulares al territorio, al tiempo que determinan el nivel de desarrollo de las comunidades allí asentadas.

De la unión de estos dos conceptos surge un proceso de cambio llamado desarrollo territorial (DNP, 2009). Este aboga por el mejoramiento de la calidad de vida a partir de propiciar la armonía entre población, uso del territorio, conservación y protección de los recursos (DNP, 2010). Se debe basar en una estrategia clave para la descentralización de los sistemas decisionales

(Boisier, 1998), definitivos para la consolidación de procesos de concertación local (Pichierri, 2002), que permitan la formulación de modelos concertados de desarrollo territorial de largo plazo y que involucren la intervención pública y privada, en el desarrollo local, regional y nacional (Porras, 2006).

Sin embargo, el crecimiento de las ciudades, la especialización de sus funciones, la multiplicidad de los servicios prestados, en gran parte gracias al avance de los medios de comunicación e información, y el progreso de la infraestructura disponible han contribuido a eliminar drásticamente las diferencias en la relación campo-ciudad, especialmente en aquellos territorios próximos a grandes centros urbanos que se han beneficiado de los avances descritos anteriormente; antes, solían diferenciarse claramente los componentes rurales de los urbanos y la población que habitaba en cada uno de estos territorios. Estas características generan un consenso más que un énfasis en las diferencias entre rural y urbano (Allen, 2003).

A finales del siglo XX surge el concepto de periurbano, definido por el Instituto de Estudios Geográficos de Francia (IEG, 1994 como se cita en Navarro, 2006) como “el espacio situado alrededor de las ciudades, susceptible a su influencia directa y de ser significativamente tocado por los procesos puestos en marcha por esa proximidad” (p. 249). Salazar (2010) lo explica como la periferia de la ciudad aún sin urbanizar, carente de infraestructura urbana y servicios públicos o albergándola con deficiencias, con especial potencial para el asentamiento de nueva población, aglomeraciones urbanas y actividades económicas empujadas del centro a la periferia en gran medida por la influencia de los precios del suelo.

Si bien es indudable que hay elementos de ruralidad paisajísticos y de laboreo contenidos en este espacio, los actores de la producción devienen,

esencialmente, en actores urbanos. Allen (2003) añade que si bien el periurbano “está sujeto constantemente a cambios y transformaciones, la mayoría de dichos cambios son impulsados por la proximidad de áreas urbanas” (p. 1). Sin embargo, estos cambios afectan la sustentabilidad de los recursos naturales y la calidad de vida de las personas.

Por otro lado, la sustentabilidad del aprovechamiento de recursos naturales depende del traslado de los costos ambientales de zonas rurales y urbanas al periurbano, ya que esta última tiende a poseer características de las otras y soportar las presiones por la diversificación de actividades socioeconómicas y búsqueda de espacio productivo para vivienda campestre, traslado de actividades industriales desde las ciudades, cultivos transitorios de esencia agroindustrial, entre otras.

Estas características describen la situación que se viene presentando en el territorio central de Boyacá, cuyos municipios principales —Tunja, Duitama, Sogamoso— han venido presentando un crecimiento urbano iniciado con una urbanización en zonas alejadas de los cascos urbanos, intercalando zonas sin urbanizar que con el tiempo terminan siendo urbanizadas, aumentando el tamaño del área urbana (Herrera, 2009). Sin embargo, diversos factores socioeconómicos y características de la población han incrementado las relaciones entre los diferentes municipios de la región, sobrepasando la capacidad de acción de los administradores locales² ya que las decisiones tomadas empiezan a impactar en el

ámbito regional, demandando nuevas formas de relación entre los municipios y la población.

Por otra parte, las iniciativas previas de asociatividad planteadas para la zona de estudio priorizan la urbanización y proponen escenarios de metropolización que desconocen particularidades inherentes tanto a la región como su población. Estas propuestas vienen formuladas desde el DNP (2011), gobernación de Boyacá y alcaldías municipales (región económica de planificación y corredor estratégico de Boyacá).

Es por esto que la formulación de una visión de desarrollo territorial aplicada a una región común (DNP, 2010) surge como una prioridad a partir de la profundización de las relaciones entre los habitantes de los municipios del centro de Boyacá, cuya interacción se ve reflejada en las diferentes actividades llevadas a cabo en especial sobre el periurbano regional, que permite tal interacción social, económica y ambiental. Este tipo de propuestas deben servir de ejemplo para su aplicación en otras regiones, partiendo de la implementación en territorios intermedios, y no en aquellos que concentran más desarrollo y población en el país, en aras de cumplir con los objetivos de desarrollo del milenio (PNUD, 2012) planteados para Boyacá y el país.

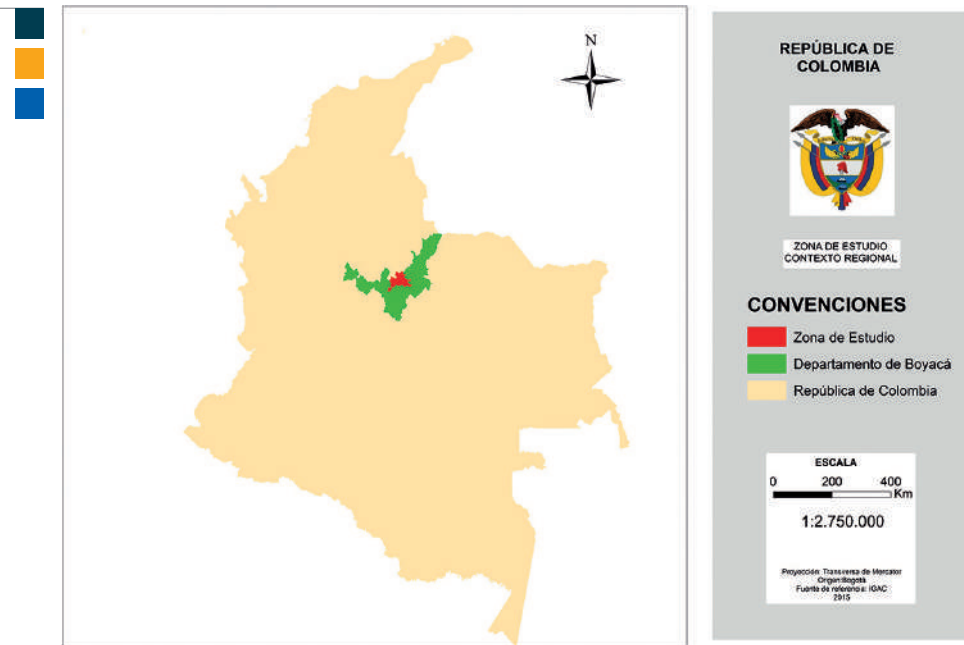
2. Metodología de trabajo

La metodología para desarrollar el proyecto se llevó a cabo en tres etapas: la primera consistió en una revisión de bibliografía, recolección de imágenes satelitales, cartografía y documentos referentes a la zona de estudio. La segunda etapa consistió en trabajo de campo dividido en tres partes: aplicación de 10 entrevistas a funcionarios de los municipios,

2 Según Borja y Castells (1998), en el nuevo sistema global los Estados-nación son demasiado pequeños para controlar y dirigir los flujos globales de poder, riqueza y tecnología; pero son muy grandes para representar la pluralidad de los intereses sociales e identidades culturales de la sociedad.

FIGURA 1.

Localización zona de estudio

Fuente: *Elaboración propia.*

aplicación de 123 encuestas a la población y observación directa del territorio de estudio. La tercera etapa consistió en la formulación de la propuesta de un modelo de desarrollo territorial para la zona de estudio. Dicha propuesta fue resultado del análisis de los resultados obtenidos en las etapas previas.

2.1. Delimitación de la zona de estudio

Para el desarrollo del proyecto, se partió del análisis de los municipios Tunja, Duitama y Sogamoso, ya que son los principales centros urbanos no solo de la región sino del departamento de Boyacá. Entre estos se ubican una serie de municipios (Figura 1) con los cuales comparten dinámicas poblacionales, actividades productivas, prestación de servicios educativos, entre otros. También comparten jurisdicción sobre el valle del río Chicamocha y son atravesados por la doble calzada Bogotá-Sogamoso,

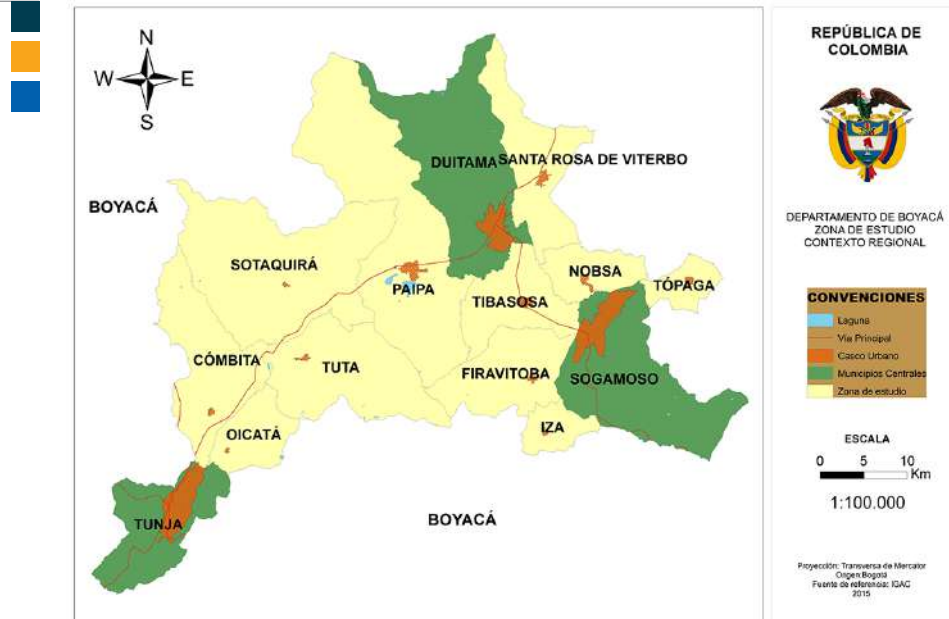
la cual no solo es el eje vial principal, sino también de desarrollo y crecimiento urbano.

A lo largo de la doble calzada, se constituye el Corredor Industrial de Boyacá, cuyas actividades empiezan a ser notorias desde la planta de DIACO en el municipio de Tuta, pasando por un incremento de las actividades industriales entre Paipa y Duitama, hasta llegar a Sogamoso-Nobsa, donde hay emplazamiento de industria pesada. Esto permite identificar dos grandes zonas en la región de estudio (Figura 2); una primera correspondiente a Tunja y su zona de influencia, que se destaca por una alta concentración de la población urbana en Tunja y alrededores. La segunda zona está comprendida entre Paipa y Sogamoso, abarcando casi toda la actividad industrial emplazada en el valle del río Chicamocha; esta región la denominaremos “Valle Central de Boyacá”, debido a las características anteriormente descritas.

FIGURA 2.

Zona de estudio

Fuente: Elaboración propia.



3. Análisis y resultados

A pesar de que la formulación de la Ley 388 de 1997 buscaba establecer un marco normativo que orientara las formas de uso del suelo, desde las alcaldías municipales se percibe la falta de coordinación para adelantar proyectos, gestionar recursos y definir una visión de territorio clara en el plan de desarrollo y los Planes de Ordenamiento Territorial (en adelante POT). Como menciona Carvajal (2011), esta Ley impone un horizonte de actuación en el cual “orienta” la forma en la que se debe ver al municipio, obligándolo a cumplir con la normatividad en el marco de una autonomía guiada. Sin embargo, aquello se dificulta a raíz de las obligaciones que deben asumir las administraciones municipales. A pesar de esto, cabe resaltar que la Ley 1454 de 2011 (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, en adelante LOOT) aporta importantes elementos para desarrollar los postulados de la Ley 388 por medio de esquemas asociativos, específicamente el artículo 16, el cual permite la creación de pro-

vincias administrativas de planificación, a partir de las intenciones de dos o más municipios, con el fin de sacar adelante proyectos de desarrollo integral.

Desafortunadamente, estas ideas aún son incipientes y demandan un fuerte apoyo y cooperación entre administraciones municipales, instituciones y población, ya que sería un gran avance consolidar una política común respecto a la forma de regular el uso y aprovechamiento de los territorios periurbanos, que en últimas son donde se evidencia el avance de los procesos de integración social, económico y ambiental a nivel regional.

Esta afirmación tiene sustento en datos recolectados en la Gobernación de Boyacá, desde la cual se observa falta de iniciativa a nivel municipal sumado a una baja capacidad de gestión y administración territorial. Estas falencias (ligadas a la forma de actuación de las instituciones) pueden encontrar correctivo por medio de la asociatividad regional, permitiendo el desarrollo de mejores prácticas administrativas que permitan el surgimiento de iniciativas que no limiten

su actuación a un solo municipio, sino que sirva para el beneficio de toda la región, en especial en los temas destacados por la LOOT (2011) en el artículo 16 (prestación de servicios públicos, ejecución de obras de ámbito regional, ejecución de proyectos de desarrollo integral y gestión ambiental).

3.1. Análisis de resultados trabajo de campo

A partir de los recorridos efectuados en la zona de estudio, se observa una complementariedad en las actividades socioeconómicas de la población definidas para cada núcleo, por ejemplo, Tunja se destaca como centro administrativo, de servicios y de educación superior. Por su parte, la dinámica industrial prima en Duitama y Sogamoso. Esta última tiene un claro enfoque hacia la elaboración de materias primas para la construcción (cemento y acero). Sin embargo, las actividades industriales se mezclan con actividades agropecuarias en la zona rural del valle del Chicamocha.

Debido a la homogeneidad geográfica y de actividades socioeconómicas, la región se resalta en su conjunto y no cada municipio individualmente. Un ejemplo es el turismo, el cual se destaca por la variedad y oferta en toda la región, abarcando varios campos (turismo ecológico, cultural, de salud, variedad gastronómica y de paisajes). Reconocer estas características para pensar el territorio es fundamental en el planteamiento del desarrollo regional, con el fin de pensar en conjunto lo urbano y lo rural. Para ello, profundizar conceptos como periurbano ha de servir para identificar las actividades y usos en zonas urbanas, rurales y suburbanas, donde rural y suburbano no sean vistos solo como zonas de incorporación urbana.

3.2. Análisis de la encuesta aplicada a la población

La encuesta aplicada a la población se estructuró en tres partes para conocer la opinión de esta respecto a diferentes aspectos del territorio donde viven. La primera sección de preguntas buscó la contextualización de la zona a partir de la visión de sus habitantes, los usos o aprovechamientos llevados a cabo allí y características (físicas, geográficas, sociales, culturales) propias de la zona de estudio. La segunda parte indagó sobre el concepto de periurbano y la clasificación de usos del suelo incluidos en los planes de ordenamiento territorial POT de los municipios. El tercer bloque de la encuesta preguntó sobre el manejo dado desde la administración municipal a la zona, los proyectos relacionados y la forma como se gestiona no solo el suelo sino el territorio.

En la primera parte, los encuestados concuerdan en que prefieren vivir en zona rural, debido a que los servicios públicos son más económicos y desarrollan algún tipo de actividad económica. Adicionalmente, notan un cambio en la urbanización de la zona, debido principalmente a la construcción de la doble calzada, que ha provocado un incremento de la construcción de vivienda, locales comerciales, emplazamiento de fábricas y estaciones de servicio. La existencia de estos nuevos equipamientos hace que la población residente demande la construcción de equipamientos de salud, educación, recreación y administrativos con el fin de evitar ir hasta los centros urbanos ya que ellos consideran que estos se podrían prestar más cerca y reducir así los trayectos de desplazamiento. También serviría para el disfrute de la población de paso que llega y los turistas, quienes verían con agrado la prestación de servicios tradicionalmente ofrecidos en cascos urbanos.

En la segunda parte, los encuestados no relacionan su territorio con conceptos como periurbano o suburbano, ya que generalmente lo asocian como rural, pero en zonas cercanas a Paipa y Duitama, la mezcla de actividades es llamativa. Hay industrias de metalurgia y metalmecánica, vivienda residencial, cultivos y parques industriales. Esta mezcla de actividades otorga características urbanas a las zonas cercanas al corredor vial, predominando las rurales a medida que se aleja de este.

Las respuestas de la tercera parte muestran dos visiones: una de abandono por parte de la administración de los municipios cuyos intereses desconocen el potencial de uso y aprovechamiento del territorio. La otra visión se relaciona con el anhelo de la gente por conservar los rasgos que identifican a la zona que habitan. La población no expresa un deseo de abandonar su territorio ya que la mayoría se encuentra a gusto en este, pero la falta de oportunidades laborales y sociales obliga a que tengan que ir a la ciudad a suplir estas carencias. Además, prefieren que las oportunidades laborales se den en actividades ligadas al territorio y su uso tradicional.

A pesar de considerarse como un hecho la urbanización a lo largo del corredor vial, esta puede generar opciones de ocupación debido a los cambios socioeconómicos generados por la mayor dinámica de este. En las zonas agropecuarias que hacen parte del distrito de riego del Alto Chicamocha se prevé un fortalecimiento debido a la productividad del suelo, si hay una buena administración del distrito de riego que promueva la tecnificación de la producción agropecuaria orientada a la agroindustria y cultivos orgánicos. Sin embargo, se espera un rezago en las zonas rurales que no hacen parte del distrito de riego, continuando con las actividades agropecuarias de subsistencia sin generar bienestar y desarrollo para sus habitantes.

4. Propuesta de un modelo de desarrollo territorial

En la formulación de la propuesta de modelo de desarrollo regional debemos incluir algunos elementos teóricos. Abramovay (2006) menciona que los “procesos de cooperación entre municipios pueden ser un medio para atenuar la propensión que tienen las organizaciones territoriales de adquirir, en la práctica, un carácter sectorial” (p. 53). Esto implica que en la voluntad colectiva radica la clave para generar cambios y enfocar la atención respecto a administrar de una mejor manera y en conjunto los recursos de que se dispone en el territorio habitado.

A su vez, indica que el territorio enfatiza la manera como una sociedad utiliza los recursos de los que dispone en su organización productiva y, por lo tanto, en la relación entre sistemas sociales y ecológicos (Abramovay, 2006). Es decir, los recursos disponibles y las condiciones del territorio condicionan las formas de interacción de la población con este, y la variedad y tipo de actividades que se pueden desarrollar.

Vásquez (2009) afirma que el desarrollo local comparte objetivos con las políticas estructurales de un país. Sin embargo, difiere con esta ya que el desarrollo local define sus acciones con un enfoque territorial. Dicho de otro modo, el objeto del desarrollo local es potenciar las capacidades y fortalezas del territorio y su población, lo cual permite mejorar la competitividad y la productividad territorial para fortalecer y diversificar las actividades socioeconómicas y potenciar la inversión en infraestructura para la mejora de la calidad de vida y ambiente de la población y el territorio. Aunque Bervejillo (1996) plantea un escenario complejo debido a la influencia de la globalización y su impacto en la diversidad cultural y las identidades sociales.

Para ello, la toma de decisiones debe contar con la participación de actores locales con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos comunes que atañe a la construcción de tejido social y redes de cooperación territorial, por medio de la asociación de las comunidades, haciendo parte de la denominada economía social. Mozas y Bernal (2006) destacan las entidades de economía social por la labor social que prestan, más allá del alcance de las entidades administrativas. Al asociarse las comunidades, se pueden generar ideas colectivas que sienten bases respecto a la visión que se tiene del territorio, su potencial de aprovechamiento y lo que se espera de este. Al respecto, es conveniente leer a Sabatini (1990), quien invita a investigar desde el empirismo de lo local las formas de desarrollo que permitan a las regiones elevar su calidad de vida.

A partir de las estrategias formuladas a nivel local, y su articulación con las propuestas de escala regional, se propone que los municipios de estudio a pesar de tener el potencial de consolidarse como centralidad para otros municipios del departamento de Boyacá, deben empezar a tomar decisiones en conjunto que permitan destacar y proyectarse como una región común y no como municipios independientes. Este carácter de región les va a permitir incrementar sus

relaciones incluso con municipios de departamentos vecinos. Esta área de influencia incluye especialmente el sur de Santander, norte de Cundinamarca y Casanare, con los que mantiene estrechos lazos sociales, culturales y económicos.

Con base en lo anterior, es pertinente pensar el modelo regional no solo a partir de un beneficio para la población local, sino también para aquella que tiene relación con la región. La mirada del periurbano es significativa, ya que permite acotar el enfoque de región en tanto que abre la oportunidad de analizar las mixturas urbano-rurales y las dinámicas propias de la funcionalidad regional, ya que son las que otorgan un acento particular a la región. Su análisis debe ser el punto de partida para la construcción de políticas sectoriales comunes entre los municipios, propendiendo por una relación armónica entre la población y el territorio.

De esta forma, el modelo de desarrollo territorial que aquí se propone (Figura 3) debe trascender el debate de la urbanización y centrarse en las estrategias de acondicionamiento social y ambiental que permitan un desarrollo económico acorde al potencial regional que se sustenta en la oferta de recursos sociales y ambientales.

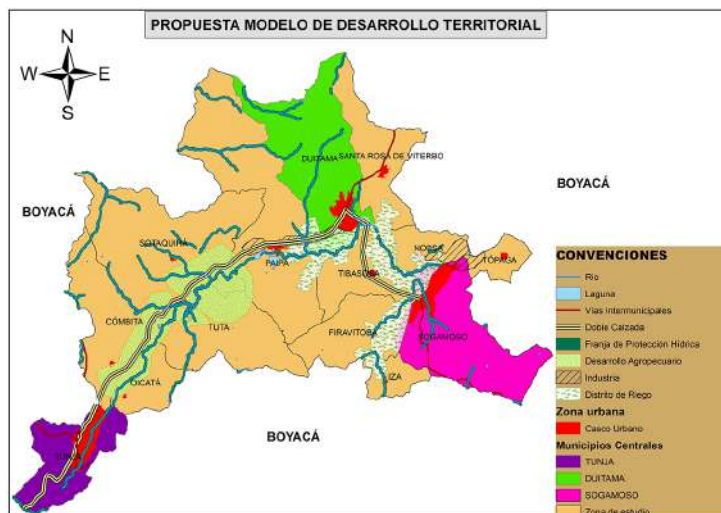


FIGURA 3.

Propuesta de modelo de desarrollo territorial

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1. Estrategias de escala regional

Hay aspectos generales que afectan directamente a la población de la región y cuya existencia es vital para potenciar o limitar el desarrollo regional. De esta manera, se identificaron los siguientes puntos, con el fin de promover una política regional que permita la equiparación en cada municipio de la región.

4.1.1. Suministro de agua potable

Es fundamental debido a que es el servicio público básico para la vida. Su oferta condiciona el crecimiento de la población y la orientación de su uso. Se debe lograr una oferta y suministro de agua potable igualitaria para la población sin importar a qué municipio pertenezca, a partir de la integración de acueductos, basados en el intercambio de experiencias a nivel urbano y rural. El trabajo conjunto es básico para consolidar propuestas que beneficien a toda la región.

4.1.2. Tratamiento de aguas residuales y recuperación de cuencas hidrográficas

El eje integrador de la región es la cuenca del río Chicamocha, que inicia en Tunja con el río Jordán el cual se encuentra bastante deteriorado. Recuperar este afluente es vital para el mejoramiento de la calidad ambiental de Tunja, ya que es atravesada de sur a norte por este río. Es viable la creación de un parque ambiental alrededor de su curso, aprovechando que su ribera no está completamente urbanizada. Esta política de cuencas ha de servir como ejemplo para la recuperación y preservación de afluentes de otros municipios de la región con el fin de formular y seguir una política pública común que genere certezas respecto a la administración pública regional. El manejo adecuado del recurso

hídrico disponible es importante para definir los distintos aprovechamientos que se pueden realizar, el cual debe ser complementado por una fuerte educación y conciencia ambiental en la población de toda la región.

4.1.3. Infraestructura vial

La doble calzada Bogotá-Sogamoso es el eje vial más importante de la región, ya que se constituye como el eje de crecimiento socioeconómico y de integración regional. Las demás vías de la región y aquellas que conectan con otras regiones se articulan a esta, asemejando una gran arteria (vial) a la que se unen pequeños conectores (demás vías intermunicipales). Este no solo ha disminuido la distancia, sino que ha incrementado las relaciones entre la población de la región. Su fortalecimiento es fundamental para la integración regional y el aumento productivo.

4.1.4. Transporte

El transporte permite a la población desplazarse entre municipios, facilitando trabajar en un municipio diferente al de residencia. Es fundamental para facilitar los intercambios de población, acceso a servicios y comunicación. La oferta de transporte —que vaya acompañada de calidad— debe estar orientada a facilitar la comunicación de la población, y su interacción con el territorio, de otra forma, serían esfuerzos vanos tratando de consolidar una visión regional sin facilitar alternativas de transporte a la población. Hay que fomentar la implementación de sistemas integrados de transporte en las tres ciudades principales. Debe desarrollarse mejorando la oferta y servicio de transporte público, al mismo tiempo que las empresas regulan la prestación del servicio, ya que, finalmente, este es prestado por empresas privadas pero que favorece a toda la población.

Lograr el establecimiento de sistemas integrados de transporte en ciudades intermedias como las nuestras sería un logro destacable a nivel nacional que puede servir de ejemplo para otras regiones del país, teniendo en cuenta los casos no tan exitosos de sistemas masivos implementados en ciudades más grandes.

El manejo de las basuras debe seguir la lógica territorial que hasta el momento se ha planteado. Para Boyacá se tiene dos grandes rellenos sanitarios, localizados en Tunja y Sogamoso, y sirven a gran parte de los municipios. Sin embargo, falta una articulación entre las empresas prestadoras del servicio y los administradores de los rellenos sanitarios, pareciendo que la responsabilidad de aquellos que llevan sus basuras termina en el momento que las depositan en dichos rellenos.

Un manejo acertado debe repartir responsabilidades y generar apropiación entre la población de todos los municipios, debido a que una falla repercute en la calidad del servicio y la recolección de los desechos de estos. Fortalecer el reciclaje, la reutilización y alternativas de uso a los residuos sólidos para que sean incorporados a la cadena productiva, generando nuevas oportunidades de negocio y trabajo para la gente.

El aprovechamiento socioeconómico para el sector agropecuario identifica tres áreas con vocación diversa. Una primera ubicada entre Tunja y Paipa, donde se desarrollan varias actividades agropecuarias, pero con un especial acento en la producción frutícola. La segunda corresponde al distrito de riego Usochicamocha, orientado al cultivo de alimentos y producción lechera. La tercera área corresponde a las montañas que rodean el valle del río Chicamocha. Estas se encuentran subutilizadas y deterioradas, sin embargo, hay ejemplos de aprovechamientos en

estas (viñedos en el sector Punta Larga) mostrando que una opción viable es la plantación de frutales y especies forestales, orientados a la manufactura agroindustrial. Esta actividad ayudaría a generar empleo, incrementar la productividad rural, diversificar las actividades urbanas y rurales así como disminuir tanto la presión del crecimiento urbano en los bordes de ciudad como la afectación y destrucción de ecosistemas sensibles y estratégicos.

A pesar de la existencia de industria pesada en la región (siderurgia y construcción), esta se ubica especialmente en Sogamoso, debido a la disposición de materias primas y condiciones geográficas para el establecimiento de factorías. En los últimos años se ha visto una mejora en la calidad del aire de esta zona, por lo tanto reglas claras para el desarrollo de la actividad industrial y el mejoramiento de los procesos productivos son aspectos importantes para acabar los estigmas generados alrededor de estos.

Para que tales condiciones favorables puedan lograrse, las empresas deben trabajar en conjunto con las administraciones locales y la población con el fin de definir los proyectos a ejecutar y los programas a desarrollar que aseguren la sustentabilidad ambiental de la región y generen beneficios para la población.

El turismo, que se viene consolidando fuertemente en la región, debe servir para integrar esas variedades de actividades expresadas por la población, de tal forma que se llegue a formar un clúster alrededor de esta actividad, que sirva para orientar la actividad regional al tiempo que se diferencie, con el objetivo de mostrar su variedad a partir de la construcción colectiva de visiones del territorio. Este tema es fundamental, ya que el turismo tiene el potencial de ser vitrina para la región y servir como canal para distribuir múltiples productos y servicios no solo a los turistas, sino también para crear alianzas

y establecer redes que permitan a Boyacá opciones para insertarse en las economías de otras regiones y especialmente otros países. En últimas, es un sector que puede consolidarse como la base económica para la región y el departamento siempre y cuando se sepa aprovechar para diversificar las actividades y no generar una dependencia alrededor de este.

5. Conclusiones

La formulación de propuestas de desarrollo territorial sirve para dar respuesta a las necesidades de la población. Además, deben incluirla y abarcar el territorio que habitan. De esta manera, no se debe pensar un modelo individual para cada municipio, sino uno común para los municipios que comparten un mismo espacio geográfico. Esto puede permitir a futuro reducir costos de administración para liberar recursos que pueden utilizarse para inversión, investigación y educación de la población. La posibilidad de inversión conjunta en proyectos entre municipios es importante para evitar la atomización de recursos y la competencia entre estos, ya que no se traducen en beneficios para la población, sin embargo, el compartir experiencias sí sirve para ayudar a municipios menos desarrollados e impulsar planes de trabajo en pro del beneficio de toda la población.

En la zona de estudio se han podido identificar parte de estas características. Por parte de la población se notan aspectos que permiten identificar

rasgos comunes independientes del municipio al que pertenezcan (especialmente en las actividades socioeconómicas). Desde las administraciones municipales también se observan progresos en la construcción de visiones comunes para la región, sin embargo, los municipios pequeños se ven un poco relegados de estas discusiones. A pesar de esto, conviene aclarar que los intentos de construcción de visiones regionales de desarrollo en Boyacá hasta ahora empiezan a ser un tema relevante en la forma de administrar el territorio, y tienen a su favor la posibilidad de integrar a todos los actores sociales para que sea un proceso exitoso.

Esto se ve influenciado por los cambios sobre la percepción y construcción del territorio para disminuir los desequilibrios en el desarrollo de las regiones en Colombia. Además, contribuye al descubrimiento propio del territorio, de las necesidades de la población y de lo que desean plantear como estrategia para el desarrollo del territorio, de manera que redunde en una mejora de la calidad de vida y contribuya a disminuir la presión sobre las regiones más desarrolladas y orientar de una forma racional el crecimiento urbano. Esta idea se relaciona con la importancia que ha venido cobrando el turismo en la región, las opciones y oportunidades que presenta para la población, donde la experiencia local basada en una oferta diferenciada en los municipios, contribuya a la vez a la construcción de una visión regional por parte de la población.



Referencias

- Abramovay, R. (2006). Para una teoría de los estudios territoriales. En M. Manzanal, M. Lattuada, y G. Neiman (Comps.), *Desarrollo rural: organizaciones, instituciones y territorio* (pp. 51-70). Buenos Aires: Ediciones CICCUS.
- Allen, A. (2003). La interfase periurbana como escenario de cambio y acción hacia la sustentabilidad del desarrollo. *Cuadernos del Cendes*, 20(53), 7-21. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-25082003000200002&lng=es&nrm=iso
- Bailly, A. (2009). Pour un développement urbain durable. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, 2, 231-238.
- Bervejillo, F. (1996). Territorios en la globalización cambio global y estrategias de desarrollo territorial. *Serie ensayos ILPES*. Documento 96/34.
- Boisier, S. (1998). Teorías y metáforas sobre desarrollo territorial. *Revista Austral de Ciencias Sociales, Universidad Austral de Chile*, 2, 5-18.
- Borja, J. y Castells, M. (1998). Local y global: la gestión de las ciudades en la era de la información. Madrid: Editorial Taurus.
- Carvajal, N. (2011). *La dinámica del ordenamiento territorial en Colombia: contraste de dinámicas urbano-rurales en la región metropolitana de Bogotá* (tesis de doctorado). Universidad de Montreal, Canadá.
- Colombia. Senado de la República. (2011). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial. Ley 1454 de 2011*. Bogotá D.C.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2009). Elementos básicos para la planeación y el desarrollo territorial. Bogotá, D.C.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2010). Orientaciones conceptuales y metodológicas para la formulación de visiones de desarrollo territorial. Bogotá, D.C.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2011). *Visión Boyacá 2019*. Bogotá D.C. 174 p.
- Fligstein, N. (2001). *The Architecture of Markets – An Economic Sociology of Twenty-First-Century Capitalist Societies*. Princeton: University Press.
- Herrera, G. (2009). Análisis fractal de la urbanización de Sogamoso en el periodo 1948-2004. *Perspectiva Geográfica*, 14, 45-66. Recuperado de <http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/perspectiva/article/view/1717>
- Mozas, A. y Bernal, E. (2006). Desarrollo territorial y economía social. *CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 55, 125-140.
- Navarro, H. (2005). Transformaciones en los Territorios Periurbanos. En H. Ávila (Coord.), *Lo urbano-rural, ¿nuevas expresiones territoriales?* (pp. 245-275). Cuernavaca, México: UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.

- Pichierri, A. (2002). Concertation and local development. *International Journal of Urban and Regional Research*, 26(4), 689-706.
- Porras, O. (2006). Desarrollo y ordenamiento territorial para construir un país más competitivo y con regiones competitivas. *Revista de la Información Básica (virtual)*, Centro Andino de Altos Estudios CANDANE. Vol. 1 N.º 2. Recuperado de https://sitios.dane.gov.co/revista_ib/html_r2/articulo5_r2.htm
- Programa de Las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD). (2002). Serie Desarrollo Humano: Descentralización, organización económica del territorio y potencial de recursos. *Cuadernos PNUD*. Lima.
- Programa de Las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD). (2012). Boyacá frente a los objetivos de desarrollo del milenio. Bogotá, D. C.
- Sabatini, F. (1990). Planificación del desarrollo regional: desde los sistemas espaciales a los procesos sociales territoriales. *Revista Interamericana de Planificación*, N.º 89, enero-marzo, pp. 42-75.
- Salazar, A. (2010). Transformaciones socio-territoriales en la periferia metropolitana: la ciudad periurbana, estrategias locales y gobernanza en Santiago de Chile. *Revista Scripta Nova*, 14(331).
- Vásquez, B, A. (2009). Desarrollo local, una estrategia para tiempos de crisis. *Universitas Forum*, 1(2), 11p. Recuperado de http://hdrnet.org/444/1/barquero_UF2.pdf



Evolución geohistórica de la morfología urbana de Ambalema, Tolima, Colombia



GEOHISTORICAL EVOLUTION OF URBAN MORPHOLOGY OF AMBALEMA, TOLIMA, COLOMBIA

EVOLUÇÃO GEOHISTÓRICA DA MORFOLOGIA URBANA DE AMBALEMA, TOLIMA, COLÔMBIA

DOUGLAS DAVID Páez Trujillo¹

Para citar este artículo: Páez Trujillo, D. D. (2017). Evolución geohistórica de la morfología urbana de Ambalema, Tolima, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 22(2),137-158. doi: 10.19053/01233769.5956

Recepción:

8 de marzo de 2017

Evaluación:

2 de octubre de 2017

Aprobación:

26 de octubre de 2017

Resumen

El objetivo principal de la investigación consistió en analizar la configuración de la estructura socio-espacial de Ambalema, Tolima, a lo largo de su historia. La metodología empleada se basó en una operacionalización cualitativa, con un diseño descriptivo-explicativo y uso del método analítico. Los resultados alcanzados permiten establecer que el valor de la localización ha variado conforme lo ha hecho la importancia del río Magdalena, en cuya margen izquierda la ciudad ha sido emplazada dos veces; la situación presenta una sucesión alternada de posicionamientos regionales favorables y desfavorables, siendo los desfavorables los que han predominado en el tiempo; el valor del Emplazamiento y la favorabilidad de la Situación han afectado el desarrollo de las Funciones Urbanas, y estos, a su vez, se ven afectados por la ampliación o disminución de las funciones; la evolución del Plano evidencia la irregularidad de su trazado y el crecimiento lento pero continuado del espacio material.

¹ Profesional en Ciencias Sociales, Universidad del Tolima. Magíster en Geografía, Convenio UPTC-IGAC. Docente de la Secretaría de Educación de Cundinamarca. aterciodouglas@gmail.com

Palabras clave: *Ambalema, emplazamiento, evolución geohistórica, funciones urbanas, morfología urbana, plano, situación.*

Abstract

The main objective of the research was to analyze the configuration of the socio-spatial structure of Ambalema-Tolima, throughout its history. The methodology used was based on a qualitative operationalization, with a descriptive-explanatory design and use of the analytical method. The results achieved allow us to establish that: the value of the location has varied as the importance of the Magdalena River has done, on whose left bank the city has been twice emplaced; The Situation presents an alternate succession of favorable and unfavorable regional positions, the unfavorable ones being those that have prevailed over time; the value of the location and the favorable nature of the situation have affected the development of urban functions, and these, in turn, are affected by the expansion or reduction of functions; the evolution of the Plan shows the irregularity of its layout and the slow but continuous growth of material space.

Keywords: *Ambalema, Emplacement, Geohistorical Evolution, Urban Morphology, Urban Function, Plan, Situation.*

Resumo

O objetivo principal da pesquisa foi analisar a configuração da estrutura sócio espacial da população de Ambalema (Tolima), ao longo de sua história. A metodologia utilizada foi baseada numa operacionalização qualitativa, com um desenho descritivo e explicativo, além do uso do método analítico. Os resultados atingidos permitem estabelecer que o valor da localização tem variado de acordo à importância do rio Magdalena, em cuja margem esquerda a cidade tem sido estabelecido duas vezes; A situação apresenta uma sucessão alternada de posições regionais favoráveis e desfavoráveis, sendo as desfavoráveis as que tem prevalecido ao longo do tempo; o valor da localização e a favorabilidade da situação, tem afetado o desenvolvimento das funções urbanas, e estas, por sua vez, são afetados pela ampliação ou redução das funções; a evolução do Plano evidência a irregularidade do seu desenho e o crescimento lento mas contínuo do espaço material.

Palavras chave: *Ambalema, Emplacement, Evolução Geohistórica, Morfologia Urbana, Função Urbana, Plano, Situação.*

1. Introducción

Lo urbano y lo rural son fenómenos interdependientes, permeados mutuamente en diferente grado: “frente a la antigua y tradicional dicotomía, que distinguía simplemente entre lo rural y lo urbano, debemos hoy aceptar una diversidad de situaciones caracterizadas por una complejidad creciente desde el punto de vista de la organización espacial” (Capel, 1975). Al igual que Capel, otros autores también reconocen las dificultades que supone estudiar lo urbano aludiendo a la diferenciación radical entre urbano y rural. Algunas de las definiciones de lo urbano desde esta perspectiva se encuentran en Galindo y Delgado (2006), quienes con su propuesta de Interfase rural-urbana estudian el surgimiento de espacios rururbanos en la corona regional de la ciudad de México. “[L]o “urbano” ya no se circunscribe a núcleos y periferias suburbanas, sino a una yuxtaposición de elementos urbanos y rurales” (Torres, 2000, citado por Galindo y Delgado, 2006, p. 190). “Nunca antes como ahora, lo urbano se vincula con lo rural. Campo y ciudad no son polos opuestos, sino que coexisten en tiempo y espacio” (Galindo y Delgado, 2006, p. 214). Los criterios propiamente geográficos que, según Capel (1975), permiten definir a un área como urbana son la densidad y la morfología, concebidos como “expresión de la concentración permanente de un cierto número de personas sobre un espacio reducido” y “reflejo de la densidad y de un tipo de utilización del suelo de carácter no rural (en el sentido amplio de agrosilvopastoril)”, respectivamente. La posibilidad de caracterizar a un área como urbana es la que justifica la existencia de la Geografía Urbana y las demás disciplinas encargadas del estudio de lo urbano. Con el reconocimiento del “tamaño y la estructura funcional”, se pueden “identificar posteriormente los distintos niveles de complejidad

creciente existentes” (Capel, 1975). La ciudad, como realidad y como concepto, ha variado a lo largo de la historia. En la segunda mitad del siglo XX y en lo que va del XXI, se han producido aceleradas e importantes transformaciones. De esta manera, tal como lo afirma Delgado (2016), la definición que en 1961 daba Mumford, la cual la concebía como “la forma de una relación social integrada con centro y límites, cuyas capas revelan la síntesis de sus diferentes épocas históricas” (p. 126), se torna hoy obsoleta². Nuevos modelos de ciudad se han consolidado. “Así, los tipos de espacios urbanos emergentes, las aglomeraciones urbanas, tienen una nueva estructura física y una forma policéntrica a partir de numerosos núcleos interconectados” (Solà-Morales, 2003, citado por Delgado, 2016, p. 126), todo lo cual configura a la denominada ciudad flujo, compleja y desordenada, cuyo centro es el tiempo y no un lugar (García y Segado, 2015, citados por Delgado, 2016, p. 126).

Muchos de estos cambios son producto del desarrollo del modo de producción dominante. En la actualidad, el capitalismo es el que impera y la ciudad, en gran parte del mundo, es expresión de este, no solo es su lugar de realización por excelencia, sino que es el reflejo material de las relaciones sociales y económicas que le son propias, así, se entiende que conforme evoluciona el modo esta evolución necesariamente afecta la configuración de la ciudad. De esta manera, es posible distinguir “la ciudad de la Revolución Industrial, la ciudad de la etapa monopolista del capitalismo y la ciudad de la globalización” (Llanos, 2007, p. 16), tanto en los países del capitalismo central como en los de la

2 Aunque ello no implica la desaparición definitiva de este tipo de ciudad, indica más bien la irrupción de diferentes modelos, lo que supone que en el análisis de esta se le deba concebir como algo dinámico y complejo.

periferia, con las respectivas diferencias ontológicas que estas denominaciones implican.

La ciudad de la globalización surge cuando en la década de los años setenta del siglo XX el modelo fordista entra en crisis, evidenciada en “bajo crecimiento económico, alta inflación, inestabilidad monetaria internacional, crisis energética, incremento de movimientos sociales e inestabilidad política y aumento de la deuda externa, en muchos países subdesarrollados” (Llanos, 2007, p. 16). El capitalismo para asegurar su vitalidad responde instaurando un modelo más flexible: el posfordismo, así como una nueva adaptación del espacio a las necesidades del capital: la globalización. Estos dos elementos de la respuesta capitalista ante la crisis surgieron gracias a los cambios científico-tecnológicos iniciados en la década de los sesenta (Llanos, 2007, p. 17). Según Méndez (1997, citado por Llanos, 2007, p. 17), el capitalismo “encontró en la innovación tecnológica un medio eficaz para acelerar los procesos productivos, abaratar sus costes, ampliar los espacios de influencia, generar nuevas áreas de inversión rentable y eliminar algunas rigideces técnicas e institucionales en su funcionamiento”. Para Llanos (2007), la globalización genera:

[Primero], la desindustrialización de muchas de las ciudades y regiones urbanas de Europa y Norteamérica; segundo, la descentralización del empleo manufacturero y de servicios en las regiones metropolitanas; tercero, la transformación de algunas de las más grandes ciudades, en Ciudades Mundiales, especializadas en la producción, procesamiento y comercialización de información especializada, y cuarto, la recentralización de los más altos empleos de producción y servicio (p. 17).

La globalización y la revolución técnico-científica influyen enormemente en las dinámicas de las ciu-

dades, afectándolas física y socialmente. Diferentes autores han analizado esta influencia y las transformaciones urbanas que genera: megaciudades, modelos de ciudad dispersa y articulación entre formas de urbanización nuevas y viejas (Castells y Borja, 1997 y Aguilar, 2002, citados por Llanos, 2007, p. 17); ciudades globales (Sassen 1991 y Hall, 1995, citados por Llanos, 2007, p. 17), pero también las ciudades nacionales y regionales, y otras de menor nivel. “En términos generales, se puede decir que las ciudades se constituyen en una red mundial en la cual se integra lo global y lo local” (Llanos, 2007, p. 18).

Por su parte, la urbanización en el tercer mundo y en América Latina, como parte de este, adquiere características propias que, como lo afirma Montoya (2006), provienen de múltiples causas, las cuales se relacionan con diferentes factores (cuya consideración depende y varía según el prisma analítico del abordaje) que expresan la influencia de procesos mundiales que la afectan, diferencian y subordinan, entre los que se encuentran, por ejemplo, la condición periférica en la economía internacional o la relación de las élites nacionales con los intereses de los países desarrollados. Según Montoya (2006), la particularidad de la urbanización tercermundista proviene de la convergencia de estas causalidades que configuran una urbanización única. La urbanización de América Latina es entonces propia y acelerada, pues el subcontinente se constituye en la región del mundo con mayor velocidad de urbanización en el siglo XX: “en el año 2000, tres cuartas partes de la población³ vivía[n] en áreas

3 En el año 2000 la población total de América Latina era de 507 932 000 habitantes, la urbana de 380 631 000 y la rural de 125 301 000. Los porcentajes de población urbana eran de 75% y rural de 25% (CEPAL, 1999). Se estima que para 2020, la población total del subcontinente sea de 660 442 000 habitantes, la urbana de 540 719 000 y la rural de 119 703 000 (CEPAL, 2005).

urbanas y había alcanzado el nivel de urbanización de las más desarrolladas”. Proceso “alimentado por el rápido crecimiento poblacional y por la migración de población rural a áreas urbanas” (Ruiz, Rubiano, González, Lulle, Bodnar, Velásquez, Cuervo y Castellanos, 2007, p. 14). Colombia, como parte del subcontinente, también presenta un proceso de urbanización que, en general, responde a las características esenciales del proceso latinoamericano; sin embargo, este también tiene sus particularidades.

Diversos autores coinciden en afirmar que la acelerada acumulación urbana que se produjo en Colombia a mediados del siglo XX tuvo que ver parcialmente con un rápido crecimiento demográfico producto de las altas tasas de fecundidad y el descenso de las tasas de mortalidad en las zonas urbanas, pero principalmente con una fuerte movilidad poblacional traducida en las migraciones internas del campo a la ciudad, las cuales fueron posibles por diferentes cambios económicos, sociales y políticos que empezaron a gestarse desde finales del siglo XIX: economía cafetera, modernización agrícola, transporte e infraestructura de servicios, naciente industrialización, conflictos por tierras, polarización política, entre otros (Sánchez, 2008, p. 61).

Actualmente, Colombia es caracterizada como un país urbano por la alta concentración poblacional en sus principales ciudades y por la expansión de la urbanización. No obstante, la gran mayoría de municipios está muy lejos de presentar grandes concentraciones urbanas (Ruiz et al., 2007). Entonces, el proceso de urbanización colombiano es dispar y en gran medida desequilibrado. El crecimiento urbano se explica por “la dinámica demográfica, que resulta del balance entre el crecimiento vegetativo y los movimientos migratorios y de la incorporación de nuevas áreas a los perímetros urbanos”, esta última expresada a través de diferentes procesos

de metropolización y suburbanización (Ruiz et al., 2007, p. 26).

Ante tanta complejidad, gradualidad y expansión de lo urbano, existen diferentes formas de abordarlo y desde diferentes disciplinas. Desde la Geografía, la Geohistoria y la Morfología Urbana son dos de estas aproximaciones. La Geohistoria, según Orella (2010), va más allá del estudio de la relación entre geografía e historia, ya que “la geografía forma parte del proceso histórico y necesita de la historia para ser explicada socialmente” (p. 240). El objeto específico de la Geohistoria, es decir, su ocupación puntual, es el estudio de “la relación entre una sociedad y la geografía en la que se desarrolló”, esto por la interdependencia entre la sociedad y la geografía, que hace que se afecten recíprocamente. Además, agrega el autor, “la Geohistoria explica los comportamientos sociales de larga duración en los ámbitos de la economía, demografía y comportamientos sociales” (p. 240). Así mismo, para Aponte (2006), el objeto de la Geohistoria es el “estudio los fenómenos sociales en su dimensión temporo-espacial”, empleando para ello “la unidad dialéctica tiempo-espacio”. Desde esta perspectiva, la Historia, el tiempo (lo diacrónico), tiene como función “seguir la pista a las relaciones y contribuye a descubrir cómo se produce el fenómeno”, mientras que la Geografía, el espacio (lo sincrónico), se ocuparía de demostrar la actuación de la sociedad sobre su medio”. Concebida así, “la Geohistoria conforma el análisis y a la vez la síntesis de la organización y de la estructura del espacio”. La metodología que la autora señala congruente con el análisis geohistórico parte del presente para llegar al pasado, pues se considera al presente como síntesis del proceso histórico. Además, con el estudio del espacio, a partir de este enfoque, se avanza en el “análisis objetivo, estableciendo correlaciones en las diferentes escalas: local, regional, nacional, internacional y/o mundial”.

Por su parte, la Morfología Urbana se constituye en un campo que supone, por un lado, conocer la configuración física del espacio, con sus construcciones y vacíos, con sus infraestructuras y usos del suelo, con sus elementos identificadores y su carga simbólica. Se trata de elementos que están profundamente imbricados e interrelacionados, aunque con diferentes grados de estabilidad. Y conduce a una reflexión sobre las fuerzas sociales, económicas, culturales y políticas que influyen en su configuración y transformación (Capel, 2002, p. 20).

Abordar lo urbano desde un enfoque geohistórico amplio, con el empleo de categorías propias de la Morfología Urbana, implica llegar al reconocimiento de las formas espaciales, a la explicación de los cambios en estas (es decir, de los procesos que hicieron posible las transformaciones) y a la par de esto a la comprensión y entendimiento de la acción de las fuerzas sociales que han generado tanto los procesos como las formas.

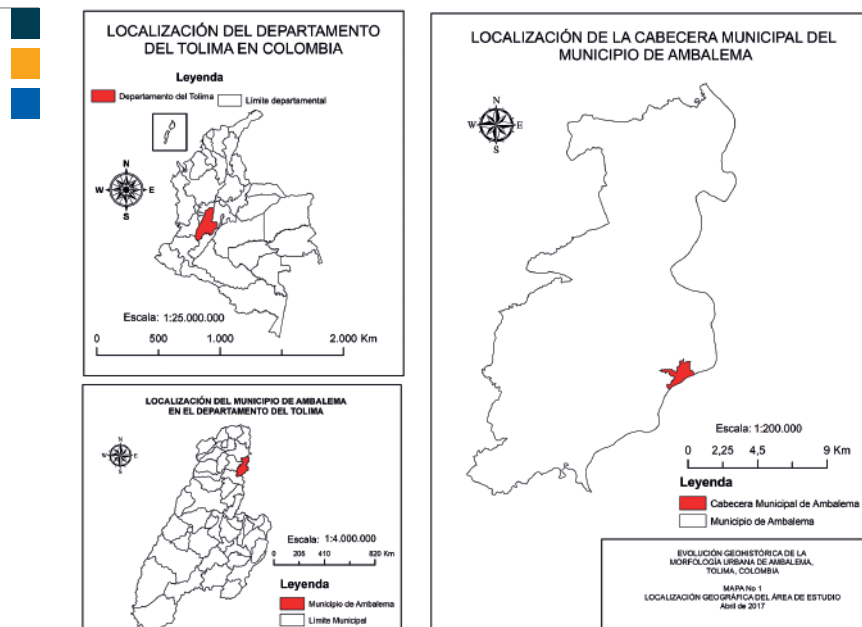
La pregunta principal que orientó la realización de esta investigación, cuyos resultados se presentan en

este artículo, fue: ¿cómo se ha configurado la estructura socio-espacial de Ambalema, Tolima, a lo largo de su historia, partiendo del análisis de la evolución del Emplazamiento, la Situación, las Funciones y el Plano? En otras palabras, el trabajo realizado analiza la evolución geohistórica de la morfología urbana de Ambalema, en el marco de una concepción espacial, que tal como lo plantea Capel (2002) parte de las formas espaciales para llegar a las fuerzas sociales que las han producido, que es lo que también señala Santos (2000), al afirmar que “el simple hecho de existir como formas, es decir, como paisaje, no basta. La forma ya utilizada es algo diferente, pues su contenido es social. Se vuelve espacio porque es forma contenido” (p. 91). Ambos autores coinciden en que el interés por las formas no debe ser *per se*. Las formas son representaciones materiales que se van transformando en el tiempo, conservando a la vez elementos de diferentes épocas, huellas, siendo una especie de palimpsesto, según lo expresa Capel (2002), de complejos procesos sociales, económicos, políticos, demográficos y culturales, y es aquí en donde radica la importancia de su estudio.

FIGURA 1.

Localización del municipio de Ambalema, Tolima

Fuente: *Elaboración propia.*



2. Metodología

La investigación fue de tipo cualitativo, con una periodización de larga duración histórica, y un manejo multiescalar, que posibilitó una comprensión amplia del problema. Su diseño fue descriptivo-explicativo, ya que no solo se muestra la evolución, sino que se da cuenta de los actores, procesos y factores que la han permitido. El método empleado es el analítico, en donde el análisis documental y cartográfico, así como el trabajo de campo (observación directa y entrevistas) fueron las técnicas más utilizadas.

Las categorías que se emplearon fueron: *Emplazamiento*, entendida como “el espacio concreto y material sobre el que la ciudad se asienta; es el conjunto de hechos físicos (geología, relieve, clima, hidrología, suelos y vegetación)” que conforman “el marco y soporte de la ciudad” (Zárate, 1991, p. 74); *Situación*, “la posición de la ciudad con relación a los grandes conjuntos geográficos, físicos y económicos, en un contexto regional, cuya importancia es cambiante” por diferentes razones: “circunstancias históricas, vicisitudes económicas y azar” (Zárate, 1991, p. 76); *Función Urbana*, referida a la especialización económica de la ciudad. Son “las actividades que justifican su existencia y desarrollo, que aportan los recursos necesarios a su vida” (Beaujeu-Garnier y Chabot, 1970, p. 120). Puede tratarse de una sola función dominante o varias funciones (Beaujeu-Garnier y Chabot, 1970, p. 121). Conforme avanza la evolución histórica y económica de la ciudad, las funciones se mantienen o se van sucediendo; y *Plano*, “el resultado de la combinación sobre el espacio de la ciudad, a través del tiempo, de superficies libres (calles, parques y jardines, plazas, lugares de aparcamiento, etc. y de superficies construidas” (Zárate, 1992, p. 38). Sus elementos son las calles (“y su asociación mutua

en un sistema viario”), las manzanas, las parcelas y los edificios (Capel, 2002, p. 70).

3. Resultados y discusión

En Ambalema, la elección del sitio para levantar su Emplazamiento, así como los cambios en este, condicionaron su posterior crecimiento. La topografía plana (por encontrarse en un valle interandino) y la presencia de fuentes de agua, en especial del río Magdalena, fueron elementos clave para la expansión urbana.

El Emplazamiento inicial que se mantiene entre 1627 y 1825 (periodo que abarca la fundación del poblado y el incendio de este, que desembocó en la elección de un nuevo Emplazamiento) tiene que ver con la fundación de los denominados pueblos de indios, los cuales responden, según Guzmán, a los siguientes objetivos: la aglomeración de la mano de obra nativa, para tenerla a disposición y la aculturación de los indígenas, por medio de la evangelización: presencia permanente de un cura y de la capilla doctrinera, así como la imposición del estilo de vida español, expresado en el hábitat impuesto. Todo lo cual representa una ruptura cultural para los indígenas, a quienes se les impone un hábitat que ya no se relaciona con su cosmogonía ni con el estrecho vínculo con el medio ambiente (Guzmán, 1996, p. 63).

En su visita de 1627, Lesmes de Espinosa y Saravia da cumplimiento a la política de la corona de evangelizar y controlar a la población indígena por medio de la fundación de los pueblos de indios. Él es el encargado de fundar, entre otros pueblos, a Ambalema (Guzmán, 1996, p. 64). La encomienda de Tomás de Bocanegra fue el sitio del asentamiento inicial de este pueblo, “localizado frente al actual

pueblo de Beltrán donde existía un “paso de canoas” (Bejarano y Pulido, 1981, p. 55), Beltrancito fue el sitio del primer Emplazamiento. Al parecer, la solidez de la encomienda de Tomás de Bocanegra, la más numerosa de cuantas hacían parte del pueblo de indios de Ambalema, con 115 indígenas, de los cuales 22 eran tributarios (Guzmán, 1996, p. 73⁴), fue la razón que más pesó en la determinación del sitio para el Emplazamiento. Además, la cercanía al río Magdalena, que se constituía en la fuente hídrica necesaria para el abastecimiento de la población y para el riego de los cultivos cercanos, tuvo que haber reforzado la elección de ese sitio. De este modo, se evidencia, con respecto a lo señalado por Zárate (1991) acerca de que los numerosos Emplazamientos junto a ríos responden a las “ventajas para los flujos de personas y mercancías, por lo tanto para el comercio y la función militar en el pasado, y para el conjunto de las actividades productivas en el presente” (p. 74), que el Emplazamiento inicial de Ambalema respondió más a las necesidades productivas, aunque no con respecto al presente, como lo señala Zárate en la cita, sino al pasado del poblado, al periodo de la formación del pueblo de indios, lo cual se haría más notorio con el nuevo Emplazamiento y el auge del tabaco. Igualmente, la presencia de la Iglesia en la encomienda de Tomás de Bocanegra también contribuyó a la elección, dadas las necesidades de aculturación de la población nativa a través de la evangelización.

Por su parte, el nuevo Emplazamiento de la ciudad se debe tanto al azar que significó el incendio que acabó con el poblado anterior, como, sobre todo, a la actividad tabacalera. “El 17 de septiembre de 1825, la población de Ambalema, un caserío formado

por edificaciones de techo de paja y fundada en un paraje de barrancos, se incendió” (Bejarano y Pulido, 1981, p. 56). Este incendio llevaría al traslado de la población un año después. La propuesta de traslado de algunos vecinos, que adujeron ventajas de localización y “mayor contacto y vigilancia con los intereses y tabacos de la República”, contó con defensores y detractores. El gobernador la sometió a votación de vecinos y pese a que la reconstrucción obtuvo 279 votos (e incluso algunos ya habían iniciado la reconstrucción de sus casas en el sitio del incendio) frente a 6 que apoyaban el cambio de localización, al año siguiente, 1826, el gobernador provincial ordenó el traslado al sitio en donde se encontraba la nueva factoría. Allí se construyeron los edificios públicos: alcaldía, cárcel, etc. Finalmente, los pobladores tuvieron que trasladarse (Bejarano y Pulido, 1981, p. 56⁵).

De esta manera, surge el nuevo Emplazamiento, más hacia el Este (Bejarano y Pulido, 1981, p. 56) y el sur, alrededor de la nueva factoría, hecha de cal y canto, con techo de teja y a partir del plano de los ingenieros Falledo y Anillo, cuya construcción costó más de cuarenta mil pesos (Bejarano y Pulido, 1981, p. 56). A continuación, se muestra la localización de los dos Emplazamientos (Figura 2), que comparten la ubicación sobre la margen izquierda del río Magdalena. El segundo, origen de la actual ciudad, se encuentra próximo a la desembocadura del río Recio, el cual puede haber contribuido a limitar el crecimiento hacia el sureste, área de la ciudad que, ciertamente, presenta un menor crecimiento, como se observa más adelante en el mapa de la expansión urbana a partir del nuevo Emplazamiento (Figura 3).

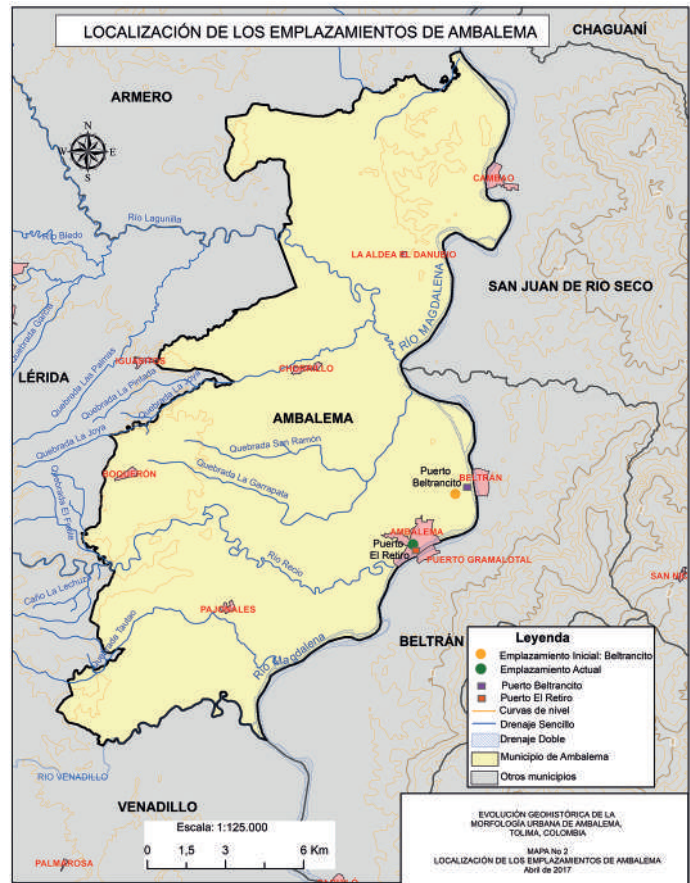
4 A partir de Archivo General de la Nación, AGN, Archivo Bernardo Caicedo, Visitas, volumen III, caja 44, folios: 302-305.

5 A partir del documento del ANC: *Ensayo polígrafo sobre la reedificación de Ambalema*, Secretaría del interior y relaciones interiores, T. 153, folios: 45-99, 1826.

FIGURA 2.

Localización de los emplazamientos de Ambalema, Tolima

Fuente: *Elaboración propia.*



La terraza aluvial con amplios valles en donde se emplaza Ambalema (Ceballos, 2006) presenta características idóneas para el crecimiento urbano. El direccionamiento que le ha dado el Emplazamiento al crecimiento urbano de la ciudad no ha seguido exclusivamente el curso del río Magdalena, si bien no se desconoce que se ha dado un crecimiento paralelo al río, lo que ha primado ha sido el crecimiento adentrándose en los amplios valles. De esta manera, se ha planteado que la trama y la formación urbana actual le han dado, prácticamente, la espalda al río (Escovar, 2010). La economía tabacalera es, inicialmente, la responsable, en gran parte, de la conformación de esta trama, debido a que posibilitó la transformación del espacio “en áreas con grandes haciendas tabacaleras” (Escovar, 2010), lo que necesariamente produjo un crecimiento hacia estas, facilitando la comunicación entre la reducida área

urbana y la amplia área rural. Sin embargo, no hay que olvidar que la economía tabacalera permitió el contacto con el río, el cual posibilitaba la salida del tabaco desde los puertos de Ambalema. Con el transcurrir del tiempo, y conforme, tanto el río como, luego, el ferrocarril (que tenía un trazado en parte paralelo al río y que lo buscaba) perdían importancia, el crecimiento de espaldas al río se consolida, sin que desaparezca por completo el crecimiento paralelo a la arteria fluvial. En la Figura 3 se muestran las diferentes orientaciones que ha tenido el crecimiento urbano, partiendo del edificio que impulsó la selección del nuevo Emplazamiento:

En lo que respecta a la Situación, esta ha variado dramáticamente a través del tiempo. En el primer periodo, correspondiente a la Conquista y gran parte de la Colonia, la Situación de Ambalema se

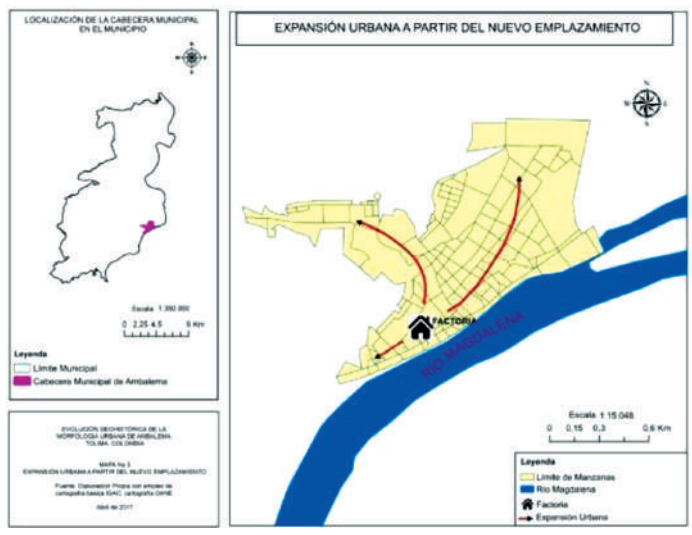


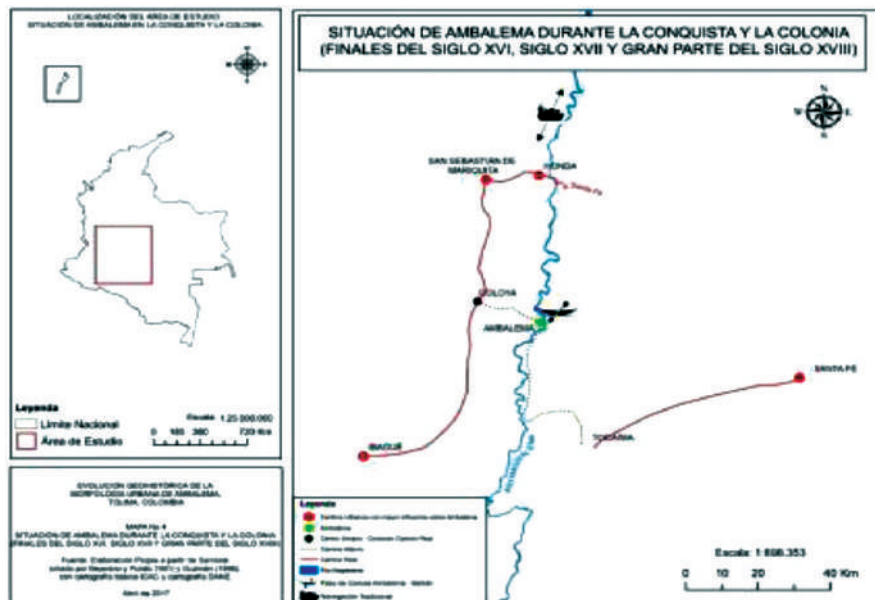
FIGURA 3.
Expansión urbana a partir del nuevo emplazamiento
Fuente: Elaboración propia.

torna desfavorable, esto se debe a su localización al interior del área de influencia Ibagué-Tocaima-Honda-Mariquita (Bejarano y Pulido, 1981) y también al carácter de su fundación como pueblo de indios y no como villa o ciudad, lo que condicionó a la Situación, al no hacer necesaria, dada su posición en la jerarquía urbana en el Nuevo Reino de Granada, una mayor articulación a las vías de comunicación importantes para la época, pese a las ventajas que la topografía plana pudiera representar, pero también,

y, ante todo, por la misma localización del Emplazamiento, al margen del camino real principal que de Ibagué conduce a Mariquita, al cual se accedía por una vía secundaria, que partiendo de Tocaima llegaba al paso de Canoas y desde el Emplazamiento comunicaba con Coloya, esta sí ubicada en el mencionado camino principal, como se puede ver en la Figura 4. La localización, a orillas del principal río del Nuevo Reino de Granada, el *Río Grande de la Magdalena* tampoco aportó ventajas a la Situación

FIGURA 4.
Situación de Ambalema durante la Conquista y la Colonia.

Fuente: Elaboración propia a partir de Salmoral (citado por Bejarano y Pulido, 1981) y Guzmán (1996) con cartografía básica IGAC y cartografía DANE.



del pueblo, fundamentalmente porque la navegación no solo era muy precaria⁶, sino porque buscaba, fundamentalmente, la comunicación entre Cartagena y Santafé, y al llegar a Honda se continuaba a Santafé, por tierra, a través del camino real.

En el siguiente periodo, el de la producción tabacalera y la navegación a vapor por el Magdalena 1760-1933, la Situación es favorable. La prosperidad de la producción de tabaco en el valle del Alto Magdalena abarca desde mediados del siglo XVIII hasta la década del sesenta del siglo XIX y tiene como epicentro de la actividad productiva a Ambalema y como eje de la actividad comercial a Honda (Bejarano y Pulido, 1981, pp. 101-102). En este amplio periodo, que cubre, aproximadamente, cien años, la Situación de Ambalema se ve favorecida, pues de ser un pueblo con escasa importancia se convierte en la cabeza del distrito productor de tabaco, beneficiándose del establecimiento del librecambio (Zambrano y Bernard, 1993). La localización a orillas del río Magdalena y su carácter de puerto le dan a la Situación la importancia que no tuvo durante la Conquista y gran parte de la Colonia. Producto también del gran auge tabacalero de mediados del siglo XIX, son varias las construcciones que han hecho fama a Ambalema: “En todas las calles se construían nuevas casas sólidas, espaciosas y casi a prueba de fuego” (Samper, 1971, citado por González, 1990, p. 43), con el tiempo, gracias a la homogeneidad que representa este tipo de arquitectura, relacionada con un estilo colonial, el poblado adquirió el apelativo de *ciudad de las mil y una columnas*. Estas construcciones, parte fundamental del centro histórico,

declarado Monumento Histórico Nacional en 1980 (Decreto 776 del 2 de abril de 1980, del Ministerio de Educación Nacional), requieren en la actualidad intervención urgente para su conservación.

La navegación a vapor adquiere relevancia desde mediados del siglo XIX, en gran parte por el impulso del tabaco y el café. El río Magdalena se constituía en “la gran arteria de comunicación nacional” alrededor de la cual giraría “gran parte de la estructura vial del país en los años venideros” (González, 2006, p. 124). Con la navegación a vapor se logra mayor tráfico de mercancías y pasajeros, lo que la convierte en el reemplazo del champán y la canoa, que, desde la Conquista, eran los medios de transporte empleados en la navegación por el río (González, 2006, pp. 126-127). Sin embargo, la navegación organizada en el Alto Magdalena solo se dio hasta Purificación, a partir de allí hasta Neiva, continuaron los champanes⁷. En la Figura 5 se muestra, a través de su localización, las relaciones con otros territorios y la orientación de los diferentes tipos de navegación, la situación favorable que tuvo Ambalema en este periodo.

El apogeo de la navegación a vapor coincide con el resurgimiento de la actividad tabacalera a través de las fábricas de cigarros. Aunque la construcción de carreteras y, en especial, el renovado impulso gubernamental hacia la construcción de ferrocarriles en los años veinte, tendiente a ampliar la red ferroviaria nacional (Meisel, Ramírez y Jaramillo, 2014), se constituyeron en factores relevantes para la desaparición de la navegación a vapor y pese a

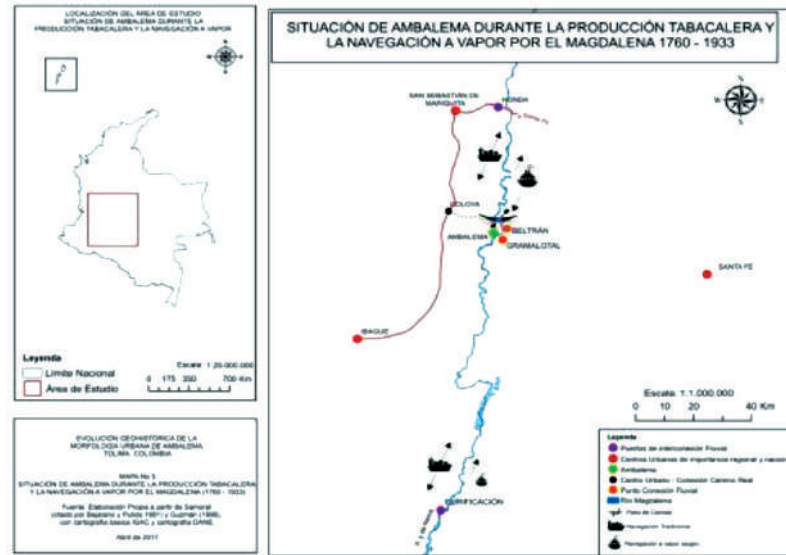
6 Lejos de ser un cómodo recorrido, la navegación del río Magdalena presentaba serios peligros, motivados por corrientes e inundaciones, por la maleza y los troncos que arrastraba y por los ataques de los indios hostiles. En total, solía consumir unos cuarenta días la travesía de Cartagena a Santa Fe (Bejarano y Pulido, 1981, p. 75).

7 La estadística de 1915 registra un total de 11 viajes de champanes y 50 viajes de vapores entre Ambalema y Purificación, mientras que entre Purificación y Neiva los viajes solo fueron de champanes. Así mismo, para este trayecto los champanes eran de 12,5 toneladas, a diferencia de los del Bajo Magdalena, de 20 o 25 (Pardo, 1972, pp. 352-353, citado por González, 2006, p. 127).

FIGURA 5.

Situación de Ambalema durante la producción tabacalera y la navegación a vapor por el Magdalena (1760-1993)

Fuente: Elaboración propia a partir de Salmoral (citado por Bejarano y Pulido, 1961) y Guzmán (1996) con cartografía básica IGAC y cartografía DANE.



que el enfoque que se tuvo fue el de la de la competencia de medios y no la complementariedad, los trazados ferroviarios buscaban llegar al río Magdalena (Meisel, Ramírez y Jaramillo, 2014), porque el río era la arteria principal que permitía la salida de los productos con los que Colombia ingresó al mercado mundial. Con las ferrovías aparece la complementariedad: “ferrocarril-barco a vapor”, que “fue la nueva modalidad de transporte interno que nos vinculó con las metrópolis capitalistas” (Muriel, 2009, p. 33). Se trató de una complementariedad necesaria, forzada, de un lado, por las condiciones de la navegación por el río, pero también porque los ferrocarriles al buscar a la arteria fluvial hacían inevitable la articulación de los medios. Como ocurrió en otras ciudades, en Ambalema también se presentó la complementariedad entre navegación a vapor y ferrocarril. Complementariedad que generó un dinamismo significativo para el poblado, hasta principios de los años treinta, cuando se produce la desaparición, si bien no definitiva, por lo menos sí muy significativa de la navegación a vapor en el Alto Magdalena, relacionada con la guerra del Perú, “cuando los mejores buques fueron llevados a las aguas del Caquetá y el Putumayo” (Portafolio, 2006).

En el tercer periodo, o sea el del Ferrocarril La Dorada-Ambalema, tanto la navegación a vapor como el ferrocarril dinamizan a Beltrancito y a la ciudad de Ambalema. El periodo abarca desde 1907, cuando llega a Ambalema el ferrocarril de La Dorada (Asociación Colombiana de Ingenieros Contratistas, ACIC, 1969, p. 72) hasta 1931, cuando se produce la conexión con el ferrocarril Ibagué-Ambalema (Santamaría, 1986), este periodo es denominado por Bejarano y Pulido (1981, p. 239) como una *segunda edad dorada* (ver Figura 8). Al dinamismo generado por la complementariedad de los dos medios se suma el resurgir de la actividad tabacalera, asociada a las fábricas de cigarros.

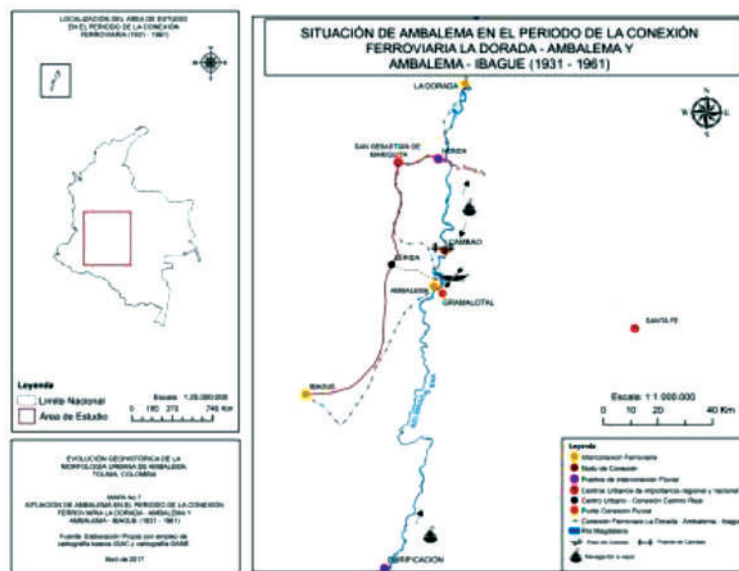
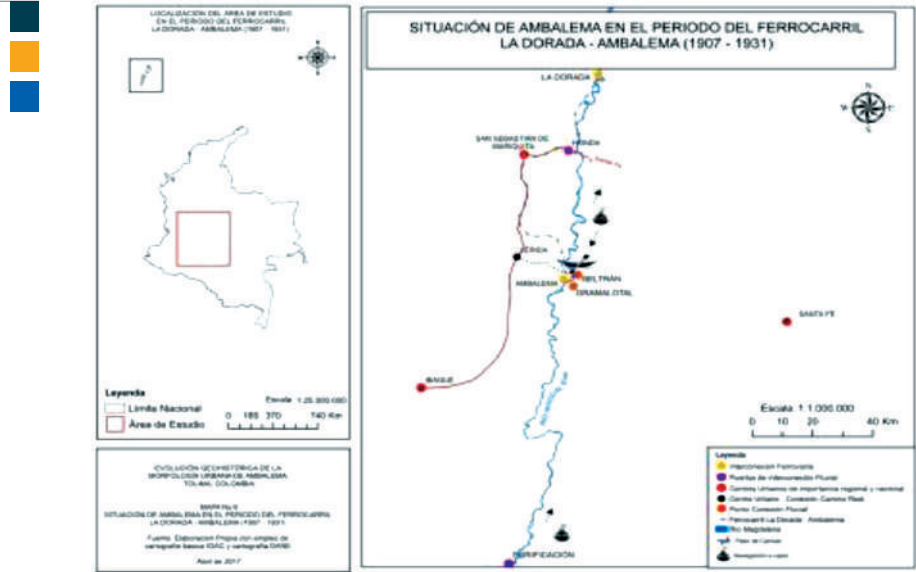
En el cuarto periodo, el de la conexión ferroviaria (ver Figura 7), 1931-1975, cuando el tráfico ferroviario desaparece definitivamente (Niglio, 2010, p. 8), el dinamismo producido por la complementariedad entre navegación a vapor y ferrocarril se disminuye notoriamente (Bejarano y Pulido, 1981, p. 239⁸), además, la conexión coincide con el fin de las fábricas de cigarros, cuyo episodio cumbre fue

8 A partir de José María Chacón, citado ampliamente por los autores (1980, pp. 57-59).

FIGURA 6.

Situación de Ambalema en el periodo del Ferrocarril La Dorada – Ambalema (1907-1931)

Fuente: Elaboración propia con empleo de cartografía básica IGAC y cartografía DANE.

**FIGURA 7.**

Situación de Ambalema en el periodo de la conexión ferroviaria La Dorada – Ambalema y Ambalema-Ibagué (1931-1961)

Fuente: Elaboración propia con empleo de cartografía básica IGAC y cartografía DANE.

el incendio de la fábrica de tabacos *La Patria*, el 18 de agosto de 1928 (Santamaría, 1986, p. 25). Sin embargo, estas desventajas se compensan con una mayor articulación al mercado nacional y, ante todo, con el dinamismo que generó no solo en Pajonales, sino en la ciudad y el municipio de Ambalema el Ingenio Central del Tolima, 1940-1961 (Ramos, 2000, p. 253). El gran argumento que se adujo a favor de la formación del Ingenio fue la significativa disminución de los costos del transporte en comparación con los que representaba la circulación

desde el Valle del Cauca por carreteras hacia el Tolima, el Huila y la sabana de Bogotá. Así mismo, el otro gran punto a favor que tenía Pajonales era su localización “en el kilómetro 60 del ferrocarril que de Ibagué bajaba hasta La Dorada y que subía hasta Neiva, vía que permitiría la comercialización por el bacín magdalenense” (Ramos, 2000, p. 236).

El último periodo en la evolución de la Situación de Ambalema abarca desde 1961 hasta la actualidad. Comprende la desaparición definitiva tanto

de la navegación a vapor, la que se retoma solo de manera esporádica, en muy pocas ocasiones, con fines exclusivamente turísticos (El Cronista, 1971), como del ferrocarril. A la par que el río Magdalena pierde importancia y profundiza su degradación ambiental, la ciudad también va perdiendo relevancia y su Situación se torna desfavorable. Al fin del ferrocarril y de la navegación a vapor hay que sumarle el aislamiento de las carreteras que evitaron la ciudad, “simplemente porque no necesitaban hacerlo” (Bejarano y Pulido, 1981, p. 239). La situación que en el siglo XIX y gran parte del XX había resultado privilegiada, en el más reciente periodo de su historia se presenta particularmente desventajosa y trae como consecuencias la ralentización de su crecimiento tanto urbano como económico, por encontrarse al margen del dinamismo que producen los ejes viales ampliamente transitados, como se puede ver en la Figura 8.

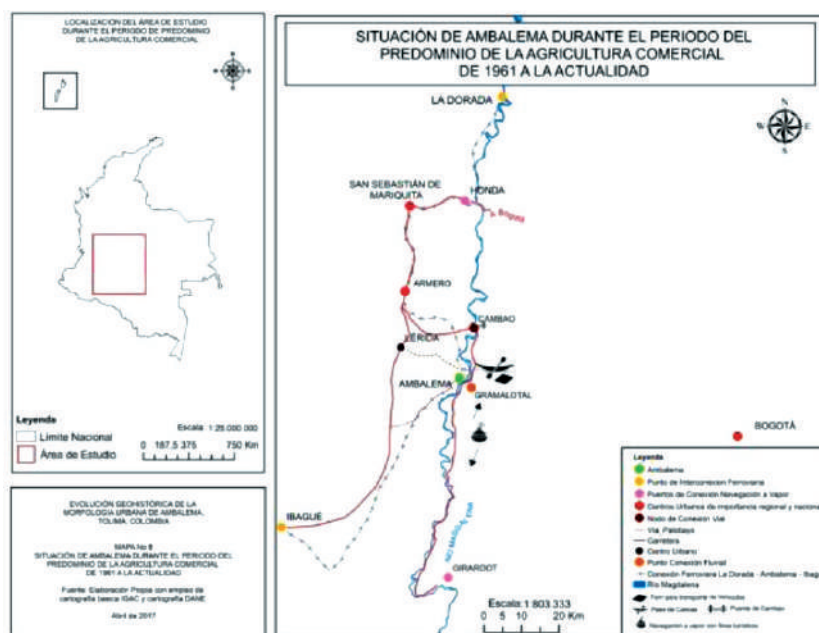
Las Funciones que históricamente se han desarrollado, se han sucedido y se han presentado de manera simultánea (en varias ocasiones) en Ambalema, son,

en general: de Encomienda, pues fue sede de varias de estas instituciones (Leiva, 2005); Agrícola, con diferentes producciones, destacándose las de tabaco, cuya producción, aunque inicia en el siglo XVIII y se extiende de manera industrial hacia los años treinta del siglo XX, vio su máximo esplendor con la gran bonanza de 1845-1858 y el resurgir de la actividad a través de las fábricas de cigarros a principios del siglo XX (Bejarano y Pulido, 1981); algodón, cultivo que dinamizó ampliamente a la ciudad y al municipio (Acosta, 2016), siendo parte Ambalema del gran auge nacional, que se ve interrumpido bruscamente hacia 1977, cuando comienza la crisis nacional (Movimiento Obrero Independiente y Revolucionario–MOIR, 1982) y el arroz, que ha sido el cultivo más permanente desde la segunda mitad del siglo XX y es el responsable de la mayoría de empleos y de ingresos que se generan en la ciudad y el municipio, pese a que las tierras más extensas y productivas pertenecen a hacendados de otras ciudades, que se llevan el grueso de la riqueza producida por esta función.

FIGURA 8.

Situación de Ambalema durante el periodo del predominio de la agricultura comercial de 1961 a la actualidad

Fuente: *Elaboración propia con empleo de cartografía básica IGAC y cartografía DANE.*



La Ganadera, que, desde finales del siglo XIX, ha servido como actividad de recuperación económica (Clavijo, 1993, p. 191) y a lo largo del XX, de complemento a los cultivos, presentando un auge muy corto pues “la tierra comenzó a incrementar su valor por la calidad de las mismas” (Leiva, 2005, p. 115), este factor, al elevar la productividad en la agricultura, la volvió más atractiva para esta actividad, limitando a la ganadería, la cual, en menor proporción, se seguiría presentando; la de Sitio de Paso y *Sitio para Hacer Fortuna*, en diferentes periodos y como expresión de la necesidad de “pasar” por Ambalema o de residir en la ciudad para trabajar y obtener recursos económicos. La Función Urbana de Sitio de Paso está relacionada con la Situación de la ciudad, en especial, en lo que respecta a su posicionamiento con respecto a las vías de comunicación, por su parte, la función de *Sitio para Hacer Fortuna*, se asocia con el aprovechamiento temporal de condiciones económicas favorables por personas que no son de la ciudad. La Función de Sitio de Paso se presentó durante la Conquista y la Colonia a través del *paso de canoas*, pues con la vía alterna hacia Honda y Santafé había que pasar por Ambalema y durante los tiempos del ferrocarril y el auge de la navegación a vapor se vio altamente beneficiada. En la actualidad, en coherencia con la desfavorable Situación de la ciudad esta función se encuentra notablemente disminuida. La función de *Sitio para Hacer Fortuna* implica, con respecto a la función de Sitio de Paso, estadías más prolongadas en la ciudad, significaba y, aún lo hace, la residencia en la ciudad, pero siempre de una manera limitada, tomando esta permanencia como un medio para alcanzar recursos que permitieran futuros establecimientos, reestablecimientos y radicaciones en otros lugares. El gran auge tabacalero de mediados del siglo XVIII, con testimonios como los de Eugenio Díaz Castro, en su novela *Manuela* (2008) y de Medardo Rivas

(1946), *Los trabajadores de Tierra Caliente*, entre otros, son expresión de esta función, que también se dio durante la permanencia del Ingenio Central del Tolima (Ramos, 2000) y se presenta actualmente con referencia a la construcción del corredor vial Girardot-Honda-Puerto Salgar, ya que gracias a este a la ciudad han llegado nuevos habitantes temporales; la Comercial, que refleja el aprovechamiento de épocas de esplendor y Situaciones ventajosas, lo que explica por qué en la actualidad se ha visto disminuida y se mantiene de manera intensa solo con el municipio de Beltrán; la Turística, asociada a la religión, la historia-arquitectura, así como al descanso y la recreación; la Agroindustrial, representada en actividades como el desmote y aprovechamiento de los subproductos del algodón, los Bioinsumos, el desarrollo de semillas, y el procesamiento del arroz; y la de Centro de Servicios Básicos, la cual expresa la pérdida de importancia regional que ha tenido la ciudad, a partir de la segunda mitad del siglo XX, estrechamente relacionada con los cambios en su Situación y la pérdida de valor del Emplazamiento como consecuencia del abandono y la pérdida de importancia del río Magdalena.

La expresión de los diferentes procesos que han convergido en la evolución urbana de Ambalema se observa también, por supuesto, en la evolución de su plano. Por su forma y por cómo se ha dado su crecimiento urbano, el plano de Ambalema es irregular. Este tipo de plano se caracteriza por no obedecer “a un trazado preconcebido, sino” por ser el resultado “de un crecimiento espontáneo y orgánico” (Zárate, 1992, p. 42). En el mismo se observa cómo a lo largo del tiempo se han ido superando líneas de fijación o barreras para el crecimiento, como lo fueron, en su momento, los zanjones de *Los Muertos* y de *La Esperanza* y los montículos que rodeaban la ciudad, estos últimos, al ser supe-

rados, parcialmente, dieron paso a los barrios de *El Alto, Villa Teresa, Santa Lucía, La Balastreira y La Victoria*. La trama de Ambalema es en parte lineal, corriendo paralela al río, pero también expresa lo que autores como Escovar (2010) señalan como darle la espalda a este, es decir, crecer hacia los amplios valles, lo que por la geoforma en que se localiza (terrazza aluvial), se ve facilitado y es expresión de la relación con el río, pues conforme este ha perdido relevancia, el Emplazamiento de la ciudad también ha perdido valor.

En las cuatro fases que abarca el crecimiento urbano de Ambalema, desde el trazado original de 1825, es decir, desde 1825 hasta 1900, de 1900 a 1950, de 1950 a 1996 (Niglio y Morcate, 2012, citado en Niglio y Morcate, 2013, p. 20) y de 1996 hasta la actualidad, se observa, de manera general, efectivamente, crecimiento. En la Tabla 1 se muestra la

dinámica demográfica de la ciudad a lo largo de su historia.

El crecimiento de la ciudad se ha caracterizado por prolongar la irregularidad del trazado y ha estado relacionado directamente con los aspectos morfológicos anteriormente señalados y, por supuesto, con la dinámica económica local, regional y nacional, la que conforme ha avanzado el tiempo ha ido consolidando a Ambalema como un centro urbano expulsor de población, en un contexto nacional y mundial generalizado, donde las ciudades, en especial las medianas y grandes, ofrecen más oportunidades en el ámbito de la mejora de las condiciones y la calidad de vida, lo que es particularmente evidente en la población joven que termina los estudios secundarios, ante las escasas posibilidades de movilidad social, todo lo cual ha contribuido a la generación de un crecimiento urbano lento. De ahí que la expansión

TABLA 1. EVOLUCIÓN POBLACIONAL DE AMBALEMA

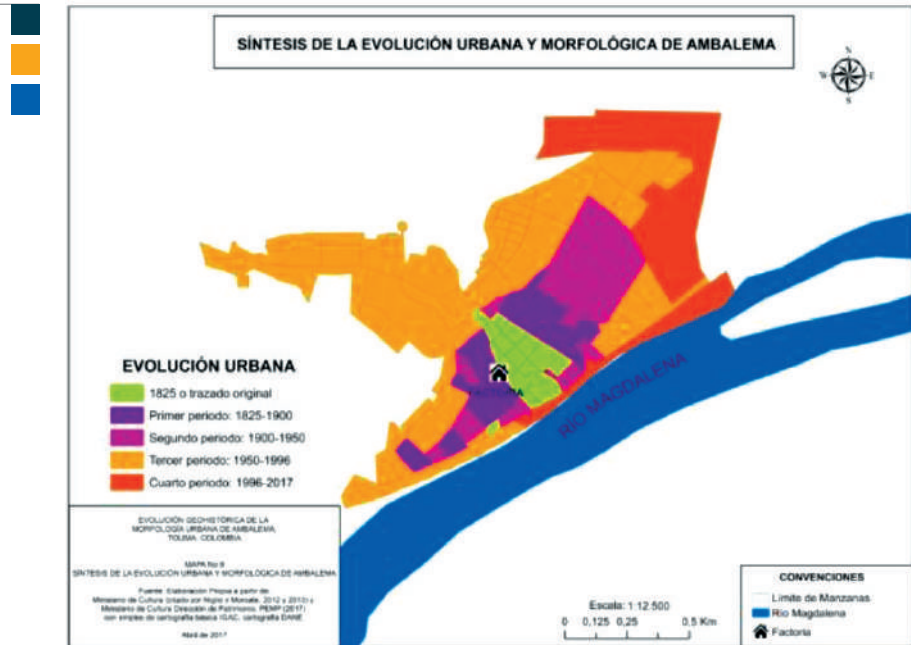
AÑO	POBLACIÓN TOTAL	FUENTES
1778	1.182	A.H.N.C. Fondo Ortega Ricaurte. If 17, Caja N.º 37 (citado por Bejarano y Pulido, 1986).
1835	4.240	C.A.H.N.C. Censos de Población, República-1835 (citado por Bejarano y Pulido, 1986).
1843	6.134	A.H.N.C. Censos de Población, República-1843 (citado por Bejarano y Pulido, 1986).
1851	9.731	A.H.N.C. Censos de Población República-1851 (citado por Bejarano y Pulido, 1986).
1870	6.039	Censo de 1870 condensado en "Gaceta del Tolima". Neiva 9 de noviembre de 1884. N.o 624 (citado por Clavijo, 1993, p. 279).
1884	5.786	Censo de 1884 condensado en "Gaceta del Tolima". Neiva 9 de noviembre de 1884. N.o 624 (citado por Clavijo, 1993, p. 279).
1912	6.285	Censo general de 1912 (citado por Clavijo, 1993, p. 279).
1938	7.403	Condensado del censo general 1938 (citado por Clavijo, 1993, p. 279).
1951	8.620	DANE, Censo de Población 1951 (citado por Gobernación del Tolima, s.f.).
1964	8.491	DANE, Censo de Población 1964 (citado por Gobernación del Tolima, s.f.).
1973	8.777	DANE, Censo de Población 1973 (citado por Gobernación del Tolima, s.f.).
1985	7.834	DANE, Censo de Población 1985 (citado por Gobernación del Tolima, s.f.).
1993	8.141	DANE, Censo de Población 1993 (citado por Gobernación del Tolima, s.f.).
2005	7.674	DANE, Censo de Población 2005 (citado por Gobernación del Tolima, s.f.).

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes consultadas.

FIGURA 9.

Síntesis de la evolución urbana y morfológica de Ambalema.

Fuente: *Elaboración propia con empleo de cartografía básica IGAC, cartografía DANE y cartografía Ministerio de Cultura.*



de viviendas sea mínima y se demore mucho en producirse, pues la ciudad expulsa más población⁹ de la que atrae, siendo el crecimiento resultante producto del crecimiento vegetativo de la población que permanece. De todas maneras, por lento que haya sido, el crecimiento sí se ha presentado y pruebas de ello son tanto la expansión material, como la obsolescencia de sus servicios básicos principales, los cuales fueron diseñados para una ciudad de otro tamaño. En la Figura 9 se muestra la evolución del crecimiento y la morfología urbana en los diferentes periodos, confirmándose tanto la expansión material como su ritmo lento.

4. Conclusiones

El análisis geohistórico se constituye en una herramienta teórico-metodológica muy pertinente

9 En diferentes momentos de su historia, Ambalema ha expulsado población; sin embargo, este proceso es particularmente notorio en el periodo intercensal comprendido entre 1993 y 2005, donde el municipio perdió 467 habitantes.

para el estudio de las transformaciones espaciales. En esta investigación se constituyó en el soporte metodológico que permitió articular y direccionar la reflexión con miras a la comprensión, desde una perspectiva de larga duración histórica, de la configuración socio-espacial de Ambalema-Tolima. Entre sus ventajas se encuentran el posibilitar la retrospectión como camino para conocer los diferentes procesos del pasado que hicieron posible la realidad actual y también la prospección, relacionada, fundamentalmente, con la Situación.

Los dos Emplazamientos que ha tenido Ambalema han respondido a las funciones que vendría a desempeñar la ciudad. Conforme han evolucionado los factores asociados a tales funciones, así como la respuesta de la ciudad frente a los cambios en estos, la importancia de la localización ha variado, mostrándose en ocasiones muy valorizada y en otras, totalmente marginal. En las variaciones del valor del Emplazamiento, la integración vial ha sido fundamental, destacándose en especial la

relación con el río Magdalena, pues, en efecto, la dinámica del río (importancia o decadencia) ha estado directamente relacionada con la evolución del Emplazamiento.

La Situación de Ambalema, por su parte, en estrecha relación con el valor del Emplazamiento y las Funciones Urbanas que la ciudad ha desempeñado, presenta una evolución que permite establecer cinco periodos, predominando en la mayor cantidad de tiempo las situaciones desfavorables. El periodo actual, precisamente, es expresión de esta localización regional desventajosa, por lo cual es imperativo mejorar la Situación, por medio de la realización de obras de infraestructura vial; la búsqueda de la conexión con el corredor vial Girardot-Honda-Puerto Salgar; el avance en señalización vial, promocionando a la ciudad; la ampliación de las rutas de buses, buscando que otras que hoy no pasan, tengan que pasar por la ciudad; la recuperación de la vía férrea y el río Magdalena, entre otras. Estas acciones deben ser compromisos del Estado en sus diferentes niveles, empezando por el local, pero, ante todo, deben ser impulsadas por los niveles superiores, esto, por lo mucho que Ambalema le aportó al desarrollo económico del país.

Con respecto a las Funciones Urbanas que ha desempeñado Ambalema, estas han abarcado una amplia gama de actividades, que se han ido sucediendo y en varios momentos de la historia de la ciudad se han presentado de manera simultánea. Una alta valoración del Emplazamiento, así como Situaciones favorables han permitido una mayor ampliación de estas, pero a la vez el desarrollo de diferentes Funciones ha servido tanto para dinamizar la economía como para darle valor al Emplazamiento y contribuir al mejoramiento de la Situación. Entre las Funciones que ha desempeñado la ciudad, la

agricultura se consolida, sin duda alguna, como la más relevante de todas, ya que se ha mantenido desde los tiempos de las encomiendas hasta nuestros días, evidenciando fuertes vínculos entre las áreas rural y urbana, siendo la responsable de la mayor generación de ingresos y de fuentes de empleo. Otras Funciones que se han presentado y que, la gran mayoría, continúa presentándose son: la Función de Encomienda; la Ganadera; la Comercial, particularmente favorecida por el auge tabacalero, la navegación a vapor y el ferrocarril; la Turística (a la cual no se le ha explotado todo el potencial que tiene); la Agroindustrial (que en las últimas décadas ha alcanzado notable desarrollo); la de Sitio de Paso, muy diezmada en la actualidad ante la desfavorable Situación que se presenta; la de *Sitio para Hacer Fortuna*, que en el auge tabacalero de mediados del siglo XIX vio su época de mayor esplendor y, de manera especial, la de Centro de Servicios Básicos, cuya consolidación se constituye en una especie de radiografía de la creciente decadencia y el aletargamiento que en materia de desarrollo ha sufrido la ciudad, desde la década de los sesenta del siglo XX hasta la actualidad.

Los cambios en el Plano de Ambalema expresan la historia que ha vivido el poblado, desde los auges económicos que los promovieron, pasando por las decisiones políticas que se tomaron, hasta los topónimos, que, como el de calle o zanjón de los Muertos, le recuerda a la ciudad una de las muchas guerras, de las cuales fue protagonista desde finales del siglo XIX hasta principios del XX.

A lo largo del tiempo, Ambalema no solo se ha mantenido (ya no como la famosa *ciudad del tabaco*, a la que muchos llegaron desde diferentes puntos del territorio nacional), sino que ha crecido, aunque lo haya hecho a un ritmo lento. Ese crecimiento se

evidencia en aspectos como: la ampliación de su espacio material; la irregularidad de su trazado, que conforme se aleja del centro se torna más regular y, de manera especial, en la obsolescencia de sus principales servicios públicos, que muestra de manera inequívoca que cuando se empezaron a organizar la ciudad tenía un tamaño diferente.

Finalmente, la investigación busca aportar, acogiendo el llamado de Ochoa (2009), al campo de la morfología urbana de los pueblos colombianos, así mismo, sus resultados pueden complementarse a través de la realización de trabajos que incluyan otras categorías, como los Usos del Suelo y la Tipología Arquitectónica.



Referencias

- ACIC. (1969). *Desarrollo de las Obras Públicas en Colombia*. Bogotá: Asociación colombiana de ingenieros contratistas, Banco de Construcción y Desarrollo, Seguros Colombia.
- Acosta, E. (2016). Una historia que se resiste al olvido. Recuperado de <http://www.serviarroz.com.co/index/images/pdf/doc20160906110913.pdf>
- Aponte, E. (2006). La Geohistoria, un enfoque para el estudio del espacio venezolano desde una perspectiva interdisciplinaria. *Scripta Nova, Revista electrónica de Ciencias Sociales*, X(218). Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-218-08.htm>
- Beaujeu-Garnier, J. y Chabot, G. (1970). *Tratado de geografía urbana*. Barcelona: Editorial Vicens-Vives.
- Bejarano, J. y Pulido, O. (1981). *Notas sobre la historia de Ambalema*. Ibagué: Instituto Tolimense de Cultura.
- Capel, H. (1975). La definición de lo urbano. *Scripta Vetera*. Reproducción de *Estudios geográficos*, (138-139), 265-301. Recuperado de <http://www.ub.edu/geocrit/sv-33.htm>
- Capel, H. (2002). *La morfología de las ciudades. I. Sociedad, cultura y paisaje urbano*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Ceballos, L. (2006). Patrones geomorfológicos de los asentamientos urbanos en Colombia. Tesis de Maestría en Geografía. Convenio UPTC-IGAC, Bogotá.
- CEPAL (1999). Boletín Demográfico N.º 63. Recuperado de <http://www.cepal.org/celade/publica/bol63/BD6311.html>
- CEPAL (2005). Boletín Demográfico América Latina: proyecciones de población urbana y rural 1970-2025. Recuperado de <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/8/22688/BD76.pdf>
- Clavijo, H. (1993). *Formación histórica de las élites en el Tolima, Tomo II 1814-1930*. Bogotá: Fondo de Promoción de la Cultura del Banco Popular.
- Decreto N.º 776 DE 1980. Diario Oficial, 28 de abril de 1980.
- Delgado, C. (2016). Miradas sobre la ciudad desde la geografía, la historia y el urbanismo. El estado de la cuestión a comienzos del siglo XXI. *Ciudades*, 19, 117-142. Recuperado de <http://www3.uva.es/iuu/REVISTA/Ciudades%2019/Ciudades%2019%20117-142%20DELGADO%20VINAS.pdf>
- Díaz, E. (2008). *Manuela*. Bogotá: Panamericana.
- El Cronista (3 de mayo de 1971). Navegación Turística por el Río Magdalena (pp. 1-2).
- Escovar, A. (2010). Ambalema. En Reyna, M. (Ed.), *Pueblos Ambalema*. Bogotá: Letrartes Editores.
- Galindo, C. y Delgado, J. (2006). Los espacios emergentes de la dinámica rural-urbana. *Problemas del desarrollo, Revista latinoamericana de Economía*, 147, 187-216. Recuperado de <http://www.revistas.unam.mx/index.php/pde/article/view/7639/7128>

- González, H. (1990). *Un viaje por el Tolima*. Ibagué: Fundación para el Desarrollo de la Democracia "Antonio García".
- González, J. (2006). De la Ciudad al Territorio, La Configuración del Espacio Urbano en Ibagué 1886-1986. Ibagué: Ediciones Aquelarre, Centro Cultural Universidad del Tolima.
- Guzmán, A. (1996). *Poblamiento e historias urbanas del Alto Magdalena-Tolima. Siglos XVI, XVII y XVIII*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Leiva, J. (2005). *Santa Lucía de Ambalema: historia de la Nostalgia*. Ibagué: León Gráficas Ltda.
- Llanos, E. (2007). Proceso de transformación espacial de Barranquilla en el siglo XX. *Perspectiva Geográfica*, 12, 11-35. Recuperado de http://virtual.uptc.edu.co/drupal/files/rpg_1.pdf
- Meisel, A., Ramírez, M. y Jaramillo, J. (2014). Muy tarde pero rentables: los ferrocarriles en Colombia durante el período 1920-1950. *Cuadernos de Historia Económica y Empresarial*, 34, 1-51. Recuperado de http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/chee_34.pdf
- Ministerio de Cultura, Dirección de Patrimonio (2016). Plan Especial de Manejo y Protección para el Centro Histórico de Ambalema-Tolima y su Área de Influencia, PEMP. Bogotá D.C.
- MOIR. (Enero de 1982). Agoniza el algodón. *Tribuna Roja*. Recuperado de <http://tribunaroja.moir.org.co/AGONIZA-EL-ALGODON.html>
- Montoya, J. (2006). *Cambio urbano y evolución discursiva en el análisis de la ciudad latinoamericana: de la dependencia a la globalización*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1243/>
- Muriel, R. (2009). *Colombia: Comercio y Transportes 1850-1929*. Medellín: Editorial Pi. Recuperado de <http://editorialpi.net/obras/colombiacomercioytransportes.pdf>
- Niglio, O. (Octubre de 2010). La Vía Férrea del Tabaco en Colombia. La Estación de Ambalema: una experiencia académica dirigida a proyectar un "plan de restauración". Coloquio Palabras Urgentes... Patrimonios en Riesgo. Universidad Autónoma de la Ciudad de México. Plantel Centro Histórico. Recuperado de https://www.academia.edu/3732008/La_via_ferrea_del_tabaco_en_Colombia._La_estacion_de_Ambalema_una_experiencia_academica_dirigida_a_proyectar_un_plan_de_restauracion
- Niglio, O. y Morcate, F. (2013). *Ambalema, Honda, Mariquita, una ruta cultural sobre el Río Magdalena*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4750129.pdf>
- Ochoa, C. (2009). Cambios en la morfología urbana de Yolombó, un pequeño asentamiento en las montañas de Antioquia, Colombia. *Cuadernos de geografía, Revista colombiana de geografía*, 18, 143-162. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281822001012>
- Orella, J. (2010). Geohistoria. *Lurralde: investigación y espacio*, 33, 233-310. Recuperado de www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur33/33orellaateneo/33orellateneo.pdf

- Portafolio (2 de agosto de 2006). Los caminos de Girardot. Recuperado de <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/caminos-girardot-201352>
- Ramos, O. (2000). *Pajonales en la historia de la cultura empresarial del Tolima*. Santiago de Cali: Organización Pajonales.
- Rivas, M. (1946). *Los trabajadores de tierra caliente*. Bogotá: Biblioteca Popular de Cultura Colombiana.
- Ruiz, M., Rubiano, N., González, A., Lulle, T., Bodnar, Y., Velásquez, S., Cuervo, S. y Castellanos, E. (2007). *Ciudad, espacio y población: El proceso de urbanización en Colombia*. Bogotá: Centro de Investigación sobre Dinámica Social, CIDS, Universidad Externado de Colombia, UNFPA.
- Sánchez, L. (2008). Éxodos rurales y urbanización en Colombia. Perspectiva histórica y aproximaciones teóricas. *Bitácora urbano/territorial*, 13(2), 57-72. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/18522/19432>
- Santamaría, G. (1986). *Ambalema*. Cali: Compañía Agropecuaria e Industrial Pajonales S.A.
- Santos, M. (2000). *La naturaleza del espacio, técnica y tiempo, razón y emoción*. Barcelona: Ariel.
- Zambrano, F. y Bernard, O. (1993). *Ciudad y territorio, el proceso de poblamiento en Colombia*. Bogotá: Academia de Historia de Bogotá, Fundación de Estudios Históricos Misión Colombia e Instituto Francés de Estudios Andinos.
- Zárate, A. (1991). *El espacio interior de la ciudad*. Madrid: Editorial Síntesis, S. A.
- Zárate, A. (1992). *El mosaico urbano, organización y vida en las ciudades*. Madrid: Cincel Kapelusz.



Reseñas

Vladimir Sánchez Calderón

Sánchez Ayala, Luis y Arango López, Cindia.
*Geografías de la movilidad. Perspectivas desde
Colombia.* Bogotá: Ediciones Uniandes, 116 p.

ISBN: 978-958-774-449-1.

El libro *Geografías de la movilidad* analiza las transformaciones en la manera en que las personas experimentan y viven el espacio derivadas de los procesos de movilidad. Relaciona así dos temáticas centrales en la geografía humana. De un lado, el tema de los movimientos de población, tradicionalmente estudiados por la geografía de la población y la demografía, y que privilegian un acercamiento cuantitativo acerca de las migraciones, forzadas o voluntarias. Por otro lado, en un campo más afín a la geografía existencial y de la percepción, aborda la experiencia individual del espacio, lo que lleva al reconocimiento de que parte de nuestra identidad como personas viene dada de la relación que desarrollamos con diferentes entornos. De tal manera, los autores afirman que “las dinámicas más significativas en movilidad humana son los procesos de (re)significación socio-espacial que se produce entre los individuos y su entorno” (pp. xiv y 85).

Organizado en un capítulo teórico y cuatro capítulos temáticos, en cada uno de los cuales analiza un tipo de movilidad —riesgo, itinerancia, reasentamiento y retorno—, más la introducción y las conclusiones, el libro se basa en un trabajo investigativo en campo de más de un año en diferentes áreas de Colombia, todas afectadas por el desplazamiento forzado, ligado con el conflicto armado que ha vivido el país. Y sin embargo, no deja de ser curioso que los autores no hagan mención al tema del conflicto armado colombiano de forma explícita en ninguna parte del libro. Lo dan por sentado, no lo incorporan como un elemento central que caracteriza precisamente las “perspectivas” de la movilidad “desde Colombia”.

En el primer capítulo se expone el enfoque adoptado en la investigación. El mayor aporte lo constituye la discusión sobre la relación entre lugar y no lugar, pues muestra que la relación que en la geografía humana se ha dado, casi que por sentado, entre identidad y lugar, debe ser escrutada con mayor atención. El lugar se ha definido, desde autores clásicos como Yi Fu Tuan y Edward Relph, como un espacio caracterizado por la estabilidad, la permanencia, el apego y la identidad. El no lugar, por el contrario, se ha visto como un espacio

que no está cargado con esas connotaciones. Sánchez y Arango muestran en este capítulo, y luego lo demuestran en los siguientes, que los no lugares no están exentos de experiencias y significados en los procesos de movilidad. La experiencia misma de moverse afecta y configura también la identidad. Así, los autores analizan las experiencias y significados de las personas que se mueven en los lugares de origen y llegada, pero, sobre todo, en el proceso mismo de moverse (pp. 6-7).

Los cuatro tipos específicos de movilidad analizados en el libro presentan condiciones particulares y complementarias de la movilidad, por lo que se articulan adecuadamente entre sí y con el marco teórico. Así, el segundo capítulo se concentra en las condiciones de riesgo de desplazamiento para una comunidad afrocolombiana en Montes de María, al norte del país. En este caso, el proceso de movilidad no se ha dado, pero la potencial afectación en la vida cotidiana individual y comunitaria conlleva una redefinición de la experiencia espacial de los habitantes del corregimiento de San Cristóbal (Bolívar). El detonante para la condición del riesgo ha sido la expansión de cultivos agroindustriales de palma aceitera, los cuales han venido “cercando” a la comunidad y amenazándola con su desplazamiento. En este caso, la potencial movilidad forzada influye en la creación de “una imaginación geográfica capaz de tener profundas influencias sobre la forma en que las personas y los grupos entienden su lugar en el mundo” (p. 38).

En el tercer capítulo se aborda la itinerancia, una condición “en donde las personas se encuentran en constante traslado de un lugar a otro sin una idea de permanencia en un asentamiento” (p. 39). El caso lo constituye una madre con dos hijas que fue desplazada del departamento de Santander y se ve obligada a deambular permanentemente con sus pocas pertenencias por varias regiones del país. Esta situación produce en ellas una situación de desarraigo permanente y es aquí donde los autores elaboran mejor la idea del no lugar como un espacio pletórico de experiencias que se relacionan con la identidad personal. El cuarto capítulo estudia el reasentamiento en Soacha (Cundinamarca) de una familia chocoana desplazada por el conflicto. En este caso, las personas pasan por un proceso de resignificación espacial, de “construcción de un nuevo proyecto de

Vladimir Sánchez-Calderón
Geógrafo, Universidad
Nacional de Colombia.
Ph.D. en Historia,
Universidad de los Andes
(Bogotá).
Profesor Asistente
de la Escuela de Historia
de la Universidad
Industrial de Santander
(Bucaramanga)
fvsanchezc@gmail.com,
fabiosac@uis.edu.co

vida implicado en esta dimensión de la movilidad humana” (p. 55). En el quinto capítulo se analiza un proceso de retorno de un grupo indígena wounaan a su resguardo ubicado en el río Calima, en la zona rural de Buenaventura (Valle del Cauca). La comunidad fue desplazada por actores armados en 2010, pero los habitantes decidieron retornar por sus propios medios en 2011. En este caso, se muestra cómo el retorno es una forma de reasentarse, pues “aunque se retorne al lugar de origen, es posible encontrarse con un lugar distinto que no ofrece la bienvenida esperada” (p. 69).

Si bien no quedan claros los criterios de escogencia de los casos analizados, ni se mencionan otras posibles opciones de movilidad humana, los autores sí logran demostrar las particularidades que los cuatro casos tienen en cuanto a las relaciones entre movilidad, espacio e identidad. Los capítulos tienen además la bondad de ser cortos y ricos en términos empíricos, lo que los hace adecuados como textos de referencia para cursos básicos de Geografía y Ciencias Sociales. Finalmente, en un momento histórico enmarcado por la esperanza de superar el conflicto armado nacional, este libro señala un derrotero de acción para la investigación y la práctica geográfica: contribuir a trazar caminos que permitan, especialmente a las víctimas, resignificar los procesos de movilidad forzada que han vivido, y delinear movilizaciones voluntarias alternativas.

Guía para autores

GUIDELINES FOR AUTHORS

DIRETRIZES PARA AUTORES



Versión 2017

Perspectiva Geográfica es una revista académica arbitrada especializada en estudios geográficos y de planificación territorial dirigida a comunidades académicas, investigativas y del desarrollo territorial, interesadas en temas geográficos y ciencias afines. La publicación es editada desde 1987 por el programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG) en el marco del convenio de colaboración científica entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); a partir del 2013, las publicaciones se realizan semestralmente.

En la revista se publican artículos *originales e inéditos* de investigación, reflexión y revisión, referidos a la espacialidad de los fenómenos sociales, económicos, políticos, culturales y naturales, desde diversas perspectivas y enfoques teóricos. También acoge los estudios sobre aspectos técnicos y metodológicos del quehacer propio de los geógrafos, así como los trabajos de geografía aplicada en los campos de la geomática, la planificación territorial y las investigaciones de frontera.

Los posibles autores de *Perspectiva Geográfica* deben abstenerse de postular simultáneamente sus contribuciones académicas a otras publicaciones y adaptar los manuscritos a las especificaciones que se describen en el apartado de *Aspectos formales* de esta guía. El Open Journal System (OJS) de la revista, que puede ser consultado a través de la página web <http://revistas.uptc.edu.co/>, está habilitado para recibir los archivos, así como el correo electrónico perspectiva.geografica@uptc.edu.co; por este medio debe detallarse la información de contacto del autor o autores. La recepción de artículos está sujeta a las convocatorias programadas por la revista.

Arbitraje

Los artículos son evaluados, inicialmente, por el equipo editorial; en esta primera etapa se determina la pertinencia de la temática y la calidad editorial del artículo. Finalizada esta evaluación, las contribuciones son sometidas a arbitraje en la modalidad de doble ciego, con lo que se asegura la confidencialidad y el anonimato tanto de autores como de árbitros, y la imparcialidad en el arbitraje. El Comité Editorial selecciona árbitros nacionales e internacionales, principalmente externos al programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG), por su trayectoria investigativa relacionada con los temas de los artículos.

Los árbitros están encargados de evaluar en cada documento aspectos formales, metodológicos y conceptuales con el fin de garantizar la rigurosidad científica. Estos podrán recomendar publicar el artículo, publicar el artículo con correcciones o rechazar el artículo. En caso de que un par recomiende la publicación y otro la rechace, se buscará el concepto de un tercer árbitro para que resuelva el empate. Si la recomendación es publicar el artículo con correcciones, una vez realizadas por el autor, el documento se enviará nuevamente al árbitro para verificarlas. Cuando se obtienen los resultados del arbitraje, el Comité Editorial comunicará al autor la decisión tomada sobre el artículo y los pasos a seguir según los resultados. Este proceso dura, en promedio, seis (6) meses. Sin embargo, este periodo puede verse afectado según la disponibilidad de los árbitros y otros factores que incidan sobre el tratamiento de los artículos.

Una vez que los documentos son aceptados, se entiende que el autor o autores ceden a la revista Perspectiva Geográfica los derechos patrimoniales, esto quiere decir que autorizan la publicación del artículo en cualquier formato o medio. Estos se divulgarán en directorios, bases de datos y sistemas de indexación. La publicación y la evaluación de los artículos no tiene ningún tipo de remuneración.

Tipología de los artículos¹:

Basados en los parámetros de Colciencias, los artículos pueden clasificarse según los siguientes tipos:

Artículo de investigación científica y tecnológica. Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

Artículo de reflexión. Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

Artículo de revisión. Documento resultado de una investigación, en el que se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

Aspectos formales

Los artículos deberán presentarse en hoja tamaño carta, interlineado a espacio y medio, con márgenes de 3 cm, en letra Times New Roman de 12 puntos; la

1 Tomado de: <http://publindex.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/informacionCompleta.pdf>

extensión total no debe exceder las 20 páginas. El archivo debe ser enviado en formato .docx o .rtf a través de correo electrónico o del OJS de la revista.

Estructura

El documento, según el tipo de artículo que sea, debe contener la siguiente información:

Página titular

Título del artículo en español y en inglés (máximo 20 palabras), información de contacto del autor (nombre, último título obtenido e institución que lo otorgó, afiliación institucional, correo electrónico, título del proyecto y el grupo de investigación del cual se origina el artículo, así como el ente financiador del proyecto, en caso de que lo haya), resumen y abstract (máximo 150 palabras), palabras clave y keywords (máximo siete, en orden alfabético, reconocidas en tesauros).

Texto

Si el artículo es de investigación: introducción (presentación general del estudio o del tema tratado, incluyendo el problema, los fundamentos teóricos que le dieron soporte al estudio, los objetivos e hipótesis), metodología (incluir información del área de estudio, de ser pertinente), resultados y discusión, conclusiones (debe contener la síntesis de los principales resultados y del aporte a la solución del problema) y referencias.

Si el artículo es de reflexión o de revisión: introducción (presentación general del estudio o del tema tratado, incluyendo el problema, los fundamentos teóricos que le dieron soporte al estudio, los objetivos e hipótesis, en caso de existir), desarrollo y discusión, conclusiones (debe contener la síntesis de los principales resultados y del aporte a la solución del problema) y referencias.

Para palabras en idiomas distintos al castellano se deben emplear cursiva; para las cifras, los números miles se separan con puntos, y los decimales, con coma. Por ejemplo: 1.202,7. Los años no llevan punto por no ser cifras. Las cifras con números enteros hasta quince se escriben con palabra. Deben utilizarse abreviaturas, en los casos que correspondan; se debe dejar un espacio entre el número y el símbolo o abreviatura. Se debe usar subíndice y superíndice según el caso.

Figuras y tablas

Todas las ilustraciones, incluyendo fotos, diagramas, mapas y gráficas, se denominan y referencian como figuras, la primera letra en mayúscula inicial (Figura, Tabla). Tanto las tablas como las figuras deben citarse en el texto y numerarse en orden de aparición en el mismo. El título de las figuras deberá ir en la parte inferior de las mismas y el de las tablas, en la parte superior. Los mapas deberán contener título, fecha, leyenda, sistema de coordenadas, esca-

la, norte y fuente de datos o autor. Las tablas y figuras deben estar ubicadas lo más próximo a la referencia indicada en el texto y centrarse en los márgenes. Cada figura debe entregarse en una carpeta aparte en formato JPG, TIFF o GIF (superior a 300 dpi).

Sistema de citación y referencias bibliográficas

El sistema de citación y de referencias adoptado por la revista Perspectiva Geográfica es el de la American Psychological Association (APA). En este sistema, las referencias se hacen en el cuerpo del texto anotando el apellido del autor seguido del año de publicación entre paréntesis y, en citas textuales, las páginas consultadas. En caso de que se cite más de una obra de un autor del mismo año, deberá adicionarse una letra para identificar a cuál se hace referencia. Ejemplos:

(Prats, 2005)

(Prats, 2005a)

(Prats, 2005, p. 15)

La lista de referencias debe presentarse en orden alfabético según los siguientes ejemplos:

Libro

Vallés, J.M. (2004). Ciencia Política. Una introducción. Barcelona, España: Ariel.

Capítulo de libro

Prats, J. (2005). Modos de gobernación de las sociedades globales. En Cerrillo, A. (Coord.), La gobernanza hoy: 10 textos de referencia (pp. 145-172). Madrid, España: INAP.

Artículo de revista

Rivera, L. (2014). Factores de territorialización para la gestión del desastre del casco urbano de Gramalote, Norte de Santander 2010-2013. *Perspectiva Geográfica*, 19(1), 11-28.

Tesis

Ramírez, L. (2013). ¿Irse, quedarse o llevar el territorio a cuestras? El proceso de reorganización territorial Nasa después del terremoto de 1994 en Tierradentro, Cauca (tesis de maestría en Geografía Humana). Universidad de los Andes, Bogotá.

Guidelines for authors

Version 2017

Perspectiva Geográfica is a refereed academic journal, since 1997, specializing in geographic and land planning studies aimed at academic, research and territorial development, interested in geographical issues and related science communities. The publication is edited by the Graduate Studies Program in Geography (EPG) under the agreement of scientific cooperation between the Pedagogical and Technological University of Colombia (UPTC) and Agustín Codazzi Geographical Institute (IGAC), published every six months since 2013 and, it is indexed in PUBLINDEX, Publication System of the Administrative Department of Science, Technology and Innovation in Colombia-Colciencias, and ranked in CLASE (Index of Latin American Dating in Social Sciences and Humanities of the UNAM) and Latindex (Regional Online Information System for Scientific Journals in Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal).

In the journal *original* and *unpublished* research, reflection and review articles, which referred to the spatiality of social, economic, political, cultural and natural phenomena, from different perspectives and theoretical approaches are published. It also welcomes studies on technical and methodological proper tasks of geographers, as well as applied geography works in the fields of geomatics, spatial planning and frontier research.

Prospective authors of *Geographic Perspective* should refrain from simultaneously submitting their academic contributions to other publications and to adapt those contributions to the specifications described in the section of *Formal aspects* of this guide. The magazine OJS system, which can be accessed through the web page www.uptc.edu.co, is able to receive files, as well as the email perspectiva.geografica@uptc.edu.co. Contact information of the author must be detailed and sent by the email.

Submission of papers is permanent.

Arbitration

The papers are assessed initially by the editorial board. In this first stage the relevance of the theme and the editorial quality of the article is determined. After this evaluation, the contributions are subject to arbitration in the form of double-blind, so that confidentiality and anonymity of both authors and referees, and fairness in the arbitration is ensured.

The editorial board selects national and international referees, for their lifetime of research related to the topic of the papers, who do not belong to the Graduate Studies in Geography-EPG.

The referees are responsible for assessing the formal, methodological and conceptual aspects of each article in order to ensure scientific rigor. These

may re-commend: a) to publish the paper, b) return the article to the author to apply suggested corrections c) reject the paper for publication. Should one referee re-commend the publication and the other one rejects it, the evaluation will seek a third party to resolve the tie. If the manuscript is recommended for publication with corrections, once done by the author, this would be sent back to the referee for verification. When arbitration results are obtained, the Editorial Board informs the author about the decision on the paper and the steps to be followed, according to the results. The Journal Editorial Board reserves the right of publication. This process takes on average six months. However, this period may be affected by the availability of referees and other factors that impact on the treatment of the articles.

Once the documents are accepted, it is understood that the author or authors will yield the economic rights to the journal *Geographic Perspective*, i.e., to authorize the publication of the paper in any format or medium. This will be published in directories, databases and indexing systems. The publication of the articles do not have any type of compensation.

Types of papers:

Based on the parameters of Colciencias, the articles can be classified according to the following types:

1. Paper of scientific and technological research. Document that presents in detail the original results of research projects. The structure generally used contains four important sections: rationale, methodology, outcomes and conclusions.

2. Reflection paper. Document that shows research outcomes from an analytical, interpretative or critical perspective of the author, on a specific topic, based on original sources.

3. Review paper. Document result of an investigation, where published or unpublished results of research are analyzed, systematized and integrated, in scientific or technological fields, in order to account for the progress and development trends.

It is characterized by presenting a careful bibliographical revision of at least 50 references.

Formal Aspects

Papers must be submitted in letter size, one and a half spacing, with margins of 3 cm, in Times New Roman, 12 font; length should not exceed 20 pages. The file must be sent in .docx format, via email.

Structure

The document, according to the type of paper, must contain the following information:

Title page

The title of the paper must be in Spanish and English (20 words, maximum), contact information of the author (name, last degree obtained and institution that granted, institutional affiliation, e-mail, project title and research group from which the paper originates and the financing institution of the project, if applicable), summary and abstract (150 words, maximum), keywords (up to seven, in alphabetical order, recognized on thesauri).

Text

If the paper is on research: rationale (general presentation of the study or the related issue, including the problem, the theoretical foundations that gave support to the study, objectives and hypotheses), methodology (including information of the study area, if any), results and discussion, conclusions (must contain a summary of the main results and the contribution to the problem solution) and references.

If the paper is on reflection or review: rationale (general presentation of the study or the related issue, including the problem, the theoretical foundations that gave support to the study, objectives, assumptions, if any), development and discussion, conclusions (must contain a summary of the main results and the contribution to the solution of the problem) and references.

For words in languages other than Spanish, italics must be used. In the case of figures, thousands are separated by points, and decimals by commas. For example: 1.202,7.

Years do not have point because they are not ciphers. Figures with integers up to fifteen are written in words (e.g. one, two, three, etc.). The following abbreviations should be used, if applicable.

Sub and superscript should be used as appropriate. A space between the number and the symbol or abbreviation must be applied.

Figures and tables

All illustrations, including photos, diagrams, maps and graphs, are called and referenced as figures. Both tables and figures should be cited in the text and numbered in order of appearance. The title of the figures shall be at the bottom thereof, and the title of tables at the top. The maps shall contain at least: title, date, legend, coordinate system, scale, north and data source or author.

Tables and figures should be located closest to the reference given in the text; they should focus on the margins and have a resolution that permits adequate reproduction, considering that the sheet size is 24 x 17 cm approximately. Upon acceptance of the manuscript, each figure must be submitted in a separated folder, using JPG, TIFF or GIF (greater than 400 dpi) formats. Excel figures will be delivered independent of that software.

System of citation and references

The system of citation and references adopted by the Geographic Perspective journal is the American Psychological Association (APA). In this system, references are made in the body of the text, writing down the author's last name followed by the year of publication in parentheses and, when citing text, in addition to the above data, the pages viewed. In case you cite more than one work of an author of the same year, a letter should be added to identify which reference is made. Examples:

(Prats, 2005)

(Prats, 2005a)

(Prats, 2005, p. 15)

The list of references should be in alphabetical order and hanging indent, as the following examples:

Book

Vallés, J. M. (2004). *Ciencia política. Una introducción*. Barcelona: Ariel.

Book chapter

Prats, J. (2005). Modos de gobernación de las sociedades globales. En A. Cerrillo (Coord.) *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia* (pp. 145-172). Madrid: INAP.

Journal paper

Rivera, L. (2014). Factores de territorialización para la gestión del desastre del casco urbano de Gramalote, Norte de Santander 2010–2013. *Perspectiva Geográfica*, 19(1), 11-28.

Journal paper retrieved from internet:

Gómez, A. (2014). Marco conceptual y legal sobre la gestión del riesgo en Colombia: Aportes para su implementación. *Revista Monitor Estratégico*, 6, 4-11. Recuperado de <http://www.supersalud.gov.co/supersalud/LinkClick.aspx?fileticket=7%2BbCcWIqd9c%3D&tabid=782&mid=2312>

Thesis

Ramírez, L. (2013). *¿Irse, quedarse o llevar el territorio auestas? El proceso de reorganización territorial Nasa después del terremoto de 1994 en Tierradentro, Cauca. (tesis de maestría en Geografía Humana)*. Universidad de los Andes, Bogotá.

Diretrizes para autores

Versão 2017

Perspectiva Geográfica é uma revista acadêmica arbitrada especializada em estudos geográficos e de planificação territorial, dirigida a comunidades acadêmicas, investigativas e de desenvolvimento territorial, interessadas em temas geográficos e ciências afins. A publicação é editada desde 1987 pelo programa de Estudos de Pós-graduação em Geografia (EPG) no marco do convenio de colaboração científica entre a Universidad Pedagógica e Tecnológica da Colômbia (UPTC) E O Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a partir de 2013, as publicações se realizam semestralmente.

Na revista se publicam artigos *originais* e *inéditos* de investigação, reflexão e revisão, referidos a especialidade dos fenômenos sociais, econômicos, políticos, culturais e naturais, desde diversas perspectivas e enfoques teóricos. Também acolhe os estudos sobre aspectos técnicos e metodológicos do que fazer próprio dos geógrafos, assim como os trabalhos de geografia aplicada nos campos da geomática, a planificação territorial e investigações de fronteira.

Os possíveis autores de *Perspectiva Geográfica* devem abster-se de postular simultaneamente suas contribuições acadêmicas a outras publicações e adaptar os manuscritos às especificações que descrevem na seção de Aspectos formais desde o guia. O Open Journal System (OJS) da revista que pode ser consultado através da página na web <http://revistas.uptc.edu.co/>, está habilitado para receber os arquivos assim como correio eletrônico perspectiva.geografica@uptc.edu.co, por este meio deve detalhar-se a informação de contato do autor ou autores. A recepção de artigos está sujeita às convocações programadas pela revista.

Arbitragem

Os artigos são avaliados, inicialmente, pela equipe editorial; nesta primeira etapa se determina a pertinência da temática e a qualidade editorial do artigo. Finalizada esta avaliação, as contribuições são submetidas à arbitragem na modalidade de duplo-cego, com o que se assegura a confidencialidade e o anonimato tanto de autores como de árbitros e imparcialidade da arbitragem. O Comitê Editorial seleciona árbitros nacionais e internacionais, principalmente externos ao programa de Estudos de Pós-graduação em Geografia (EPG), por sua trajetória investigativa relacionada com os temas dos artigos.

Os árbitros estão encarregados de avaliar em cada documento aspectos formais, metodológicos e conceituais com o fim de garantir a rigorosidade científica. Estes podem recomendar publicar o artigo, publicar o artigo com correções ou rechaçar o artigo. No caso de que um par recomende a publicação e outro rechaça, se buscará o conceito de um terceiro árbitro para que resolva o empate. Se a recomendação é publicar o artigo com correções, uma vez realizadas pelo

autor, o documento será enviado novamente ao arbitro para verifica-las. Quando se obtém os resultados da arbitragem, o Comitê Editorial comunicara ao autor a decisão tomada sobre o artigo e os passos a seguir segundo os resultados. Este processo dura, em média, seis (6) meses. Porém, este período pode ser afetado segundo a disponibilidade dos árbitros e outros fatores que incidam sobre o tratamento dos artigos.

Uma vez que os documentos são aceitos, se entende que o autor ou autores cede(m) a revista Perspectiva Geográfica os direitos patrimoniais, isto quer dizer que autorizam a publicação do artigo em qualquer formato ou meio. Estes serão divulgados em diretórios, bases de dados e sistemas de indexação. A publicação e a avaliação dos artigos não tem nenhum tipo de renumeração.

Tipologia dos Artigos¹:

Baseados nos parâmetros de Colciencias, os artigos podem se classificar segundo os seguintes tipos:

1. Artigo de investigação científica e tecnológica. Documento que apresenta de maneira detalhada os resultados originais dos projetos de investigação. A estrutura geralmente utilizada contém quatro apartes importantes: introdução, metodologia, resultados e conclusões.

2. Artigo de reflexão. Documentos que apresenta os resultados da investigação desde uma perspectiva analítica, interpretativa ou crítica do autor, sobre um tema específico, recorrente a fontes originais.

3. Artigo de revisão. Documento resultante de uma investigação, no que se analisam, sistematizam e integram os resultados das investigações publicadas ou não publicadas, sobre um campo da ciência ou tecnologia, com o fim de dar conta dos avances e tendências de desenvolvimento. Se caracteriza por apresentar uma cuidadosa revisão bibliográfica de pelo menos 50 referências.

Aspectos Formais

Os artigos deverão se apresentar em folha tamanho carta, entrelinhas de um espaço e meio, com margens de 3 cm, em letra Times New Roman tamanho da fonte 12, a extensão total não deve exceder a 20 páginas. O arquivo deve ser enviado em formato .docx ou .rtf através de correio eletrônico ou do OJS da revista.

Estrutura

O documento, segundo o tipo de artigo que seja, deve conter as seguintes informações:

1 Tomado de: <http://publindex.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/informacionCompleta.pdf>

Página titular

Título do artigo em espanhol ou inglês (máximo de 20 palavras), informação de contato do autor (nome, último título obtido e instituição que o outorgou, afiliação institucional, correio eletrônico, título do projeto e o grupo de investigação do qual se originou o artigo, assim como a entidade financiadora do projeto, no caso de que haja), resumo (*abstract*) (máximo de 150 palavras), palavras-chave (*keywords*) (máximo sete, em ordem alfabética, reconhecida em thesaurus).

Texto

Se o artigo e de investigação: introdução (apresentação geral do estudo ou do tema tratado, incluindo o problema, os fundamentos teóricos que deram suporte ao estudo, os objetivos e hipóteses), metodologia (incluir informação da área de estudo se for pertinente), resultado e discussões, conclusões (deve conter a síntese dos principais resultados e a contribuição para a solução do problema) e referências.

Se o artigo e de reflexão ou de revisão: introdução (apresentação geral do estudo ou do tema tratado, incluindo o problema, os fundamentos teóricos que deram suporte ao estudo, os objetivos e hipótese, no caso de existir) desenvolvimento e discussão, conclusões (deve conter a sínteses dos principais resultados e do aporte para a solução do problema) e referências.

Para palavras em idiomas distintos ao castelhano, devem ser usadas letras cursivas, para as cifras, os números na casa dos milhares se separam com pontos e os decimais com virgula. Por exemplo: 1.202,7. Os anos não levam pontos por não ser cifras. As cifras com números inteiros até quinze se escrevem com palavras. Devem se utilizar abreviaturas nos casos que correspondam, deve-se deixar um espaço entre o número e o símbolo ou abreviatura. Deve-se usar subscrito e sobrescrito conforme o caso.

Figuras e tabelas

Todas as ilustrações, incluindo fotos, diagramas, mapas e gráficos, se denominam e referenciam como figuras, a primeira letra inicial em maiúscula (Figura e Tabela). Tanto as tabelas como as figuras devem ser citadas no texto e numeradas em ordem de aparição no mesmo. O título das figuras deverá ir na parte inferior das mesma, e das tabelas na parte superior. Os mapas deverão conter o título, data, legenda, sistema de coordenadas, escala, norte e fonte de dados ou autor. As tabelas e figuras devem estar localizados o mais próximos da referência indicada no texto e concentrar-se nas margens. Cada figura deve ser entregue em uma pasta separada em formato JPG, TIFF ou GIF (superior a 300 dpi).

Sistema de citação e referências bibliográficas

O sistema de citação e de referência adotado pela revista *Perspectiva Geográfica* é o da American Psychological Association (APA). Neste sistema, as referências

se fazem no corpo do texto anotando o sobrenome do autor seguido do ano de publicação entre parênteses e em citas textuais, as páginas consultadas. Em caso que se cite mais de uma obra de um autor no mesmo ano, devera adicionar-se uma letra para identificar a qual se faz referência. Exemplos:

(Prats, 2005)

(Prats, 2005a)

(Prats, 2005, p. 15)

Na lista de referências deve se apresentar em ordem alfabética segundo os seguintes exemplos:

Livro

Vallés, J.M. (2004). *Ciência Política. Uma introdução*. Barcelona, Espanha: Ariel.

Capítulo de livro

Prats, J. (2005). Modos de governança das sociedades globais. En A. Cerrillo (Coord.) *La gobernanza hoy: 10 textos de referencia* (pp. 145-172). Madrid: INAP.

Artigo de revista

Rivera, L. (2014). Fatores de territorialização para a gestão do desastre da área urbana de Gramalote, Norte de Santander 2010-2013. *Perspectiva Geográfica*, 19(1), 11-28.

Tese

Ramírez, L. (2013). *Ir, ficar ou levar o território nas costas? O processo de reorganização territorial Nasa depois do terremoto de 1994 em Tierradentro, Cauca (tese de mestrado em Geografia Humana)*. Universidade de Los Andes, Bogotá.