

# 4<sup>TO</sup> CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

ENFRENTANDO RETOS EMERGENTES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El 4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria fue organizado por la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas del Instituto Politécnico Nacional (SEPI-UPICSA-IPN) y fue celebrado en la Ciudad de México del 28 al 30 de octubre del 2020. Este foro reunió a investigadores, académicos, emprendedores, profesionales y estudiantes, con la intención de propiciar el trabajo colaborativo y la generación de redes de colaboración entre la academia, la industria y el Gobierno.

Como resultado del congreso, esta obra contiene 102 artículos sobre el estado del arte actual, aplicaciones innovadoras y perspectivas de ciencia y tecnología de las áreas: Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra, Biología y Química, Ciencias Médicas y de la Salud, Humanidades y Ciencias de la Conducta, Ciencias Sociales y Económicas, Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, Ingeniería y Tecnología e Interdisciplinarias y Multidisciplinarias.

Está dirigida a investigadores, académicos, profesionales, empresarios, emprendedores, estudiantes y, en general, a cualquier persona de nivel educativo superior o posgrado, con interés en temas inter y multidisciplinarios y que, además, deseen actualizar y ampliar sus conocimientos para promover soluciones innovadoras a problemas específicos locales, regionales, estatales y nacionales.

## Incluye

- ▶ 102 artículos inéditos de la comunidad científica y tecnológica mexicana y extranjera.
- ▶ Resultados de investigación, aplicaciones innovadoras y perspectivas de ciencia y tecnología a fecha reciente.
- ▶ Temas de las 9 áreas de estudio clasificadas en el Sistema Nacional de Investigadores de México.

### Coordinadores:

**Mayra Antonio-Cruz**  
Doctora en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicas por el CIDETEC del Instituto Politécnico Nacional desde 2018. Actualmente es profesora-investigadora de la SEPI-UPICSA-IPN y miembro Nivel I del Sistema Nacional de Investigadores de México. Ha publicado 26 artículos en revistas y congresos internacionales arbitrados.

**Carlos Alejandro Merlo-Zapata**  
Doctor en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicas por el CIDETEC del Instituto Politécnico Nacional desde 2019. Actualmente es profesor en el Instituto Tecnológico de Ixtapalapa. Entre sus trabajos destacan la publicación de artículos indexados en el Journal Citation Reports y una Patente.

**Celso Márquez-Sánchez**  
Doctor en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicas por el CIDETEC del Instituto Politécnico Nacional desde 2018. Actualmente es profesor-investigador de la Universidad Politécnica de Texcoco y miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Ha publicado artículos en revistas de divulgación nacional e internacional arbitradas.

4<sup>TO</sup> CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

4<sup>TO</sup>

# CONGRESO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA

ENFRENTANDO RETOS EMERGENTES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



GOBIERNO DE MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



UPTex  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE TEXCOCO



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"



UPICSA

ISBN 978-958-771-788-6



9 789587 719864



GOBIERNO DE MÉXICO



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



UPTex  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE TEXCOCO



Instituto Politécnico Nacional  
"La Técnica al Servicio de la Patria"



UPICSA

---

**4TO CONGRESO NACIONAL  
DE INVESTIGACIÓN  
INTERDISCIPLINARIA**

---

4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria (4o. : 2020: México)

4to Congreso Nacional de Investigación Interdisciplinaria: Enfrentando retos emergentes de ciencia y tecnología / [Instituto Politécnico Nacional ... [et al.]; coordinadores editoriales, Mayra Antonio-Cruz, Carlos Alejandro Merlo-Zapata, Celso Márquez Sánchez]. -- 1a. ed. -- Bogotá : México : Ecoe Ediciones, 2020.

642 p. -- (Ciencia y tecnología. Investigación científica)

Incluye datos de los coordinadores en la pasta. -- Contiene referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-771-986-4

1. Investigación científica - Congresos, conferencias, etc.

2. Ciencia y tecnología - Investigaciones - Congresos, conferencias, etc. I. Antonio Cruz, Mayra, II Merlo Zapata, Carlos Alejandro III. Márquez Sánchez, Celso IV. Instituto Politécnico Nacional V. Título VI. Serie

CDD: 001.4 ed. 23

CO-BoBN- a1063111



Área: Ciencia y tecnología

Subárea: Investigación científica



© VVAA

© Antonio-Cruz, Mayra  
Coordinador Editorial

© Merlo-Zapata, Carlos Alejandro  
Coordinador Editorial

© Márquez Sánchez, Celso  
Coordinador Editorial

► Ecoe Ediciones México  
infomx@ecoeediciones.mx  
www.ecoeediciones.mx  
Carrera 19 # 63C 32,  
Calle 9a Oriente Num. 12  
Delegación Tlalpan CP. 14030  
Tel: 55 4331 3393  
Ciudad de México - México

Primera edición: México, noviembre del 2020

ISBN: 978-958-771-986-4

Director Ecoe Ediciones México, S.A. de C.V.:  
Rodrigo Alfonso Espinosa Ángeles  
Directora editorial: Claudia Garay Castro  
Copy: Angie Sánchez Wilchez  
Diagramación: Wilson Marulanda Muñoz  
Carátula: Wilson Marulanda Muñoz  
Impresión: Ultradigital Press, S.A. de C.V.,  
Centeno 195, Col. Valle del Sur, C.P. 09819,  
Ciudad de México.

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio  
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

*Impreso en México - Todos los derechos reservados*

## Índice

Mensaje de la Organizadora General .....	viii
Comité Organizador .....	ix
Revisores Expertos.....	x
<b>Fisico Matemáticas y Ciencias de la Tierra .....</b>	<b>1</b>
Electromagnetic Induction Heating as an Alternative Heat Source for Measuring the Thermal Conductivity of Solid Conductive Materials.....	2
Detecting Changes in Water Bodies by Analyzing Satellite Images and Radiometric Indices Computation	8
Recommender System for Mexico City Museums Using Matrix Factorization as a Proposal to Increase Visitors.....	15
Mixed Finite Elements Method for Single-Phase Flow in Porous Media.....	22
<b>Biología y Química.....</b>	<b>30</b>
Elimination of Nitrogen and Organic Matter in Upflow Anaerobic Reactors for the Slaughterhouse Wastewater Treatment.....	31
Simulation of Defects Around Magnetic Anisotropic Colloids in Nematic Liquid Crystals .....	35
Numerical Simulation of the Design of a Plasma Reactor for Treatment of Toxic Gases Emitted by Municipal Solid Waste in Landfills.....	41
Acid-base equilibrium for lysozyme and casein proteins electrodeposition in glassy carbon electrodes .....	47
Evaluación Histológica de Hidróxido de Calcio Químicamente Puro, Ultrablend y Theracal en la Formación Dentinaria in Vivo.....	54
Importance of the Natural Protected Area "Terminos Lagoon" as a feeding area for <i>Ariopsis felis</i> , <i>Bagres     marinus</i> and <i>Cathorops melanopus</i> Presents on the Campeche coast.....	59
Influence of 3-Aminopropyltrimethoxysilane on the Removal of Cu (II) Using Hydrotalcite Mg/Fe .....	65
The Diafanization and Staining Optimized Technique, as a Tool for Ecotoxicological Studies in Actinopterygians .....	71
Determination of The Composition of Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids by Chromatography of Gases Masses in Breast Milk and Their Comparison vs Formula Milks Supplied in the Sixth Month of Lactation .....	77
Effect of Protein Extracts of Phytopathogenic Bacteria on Plant Growth and Bacterial Spot ( <i>Xanthomonas     Ssp.</i> ) in <i>Capsicum Annuum</i> .....	83
Antinociceptive Activity of Ethanolic Extract from the Fruit of <i>Kigelia Africana</i> .....	89
Effect of the Transplant Date and Different Varieties on the Yield of <i>Calendula Officinalis</i> L.....	95
Microwave Synthesis of Biobr-N and Evaluation of Its Photocatalytic Activity Under Visible Radiation .....	101
Characterization of Cereal and Legume Flours and Doughs to Make Snack Kind Churro .....	107
Identificación de Bandas de Proteína Recombinante Expresada en <i>Escherichia Coli</i> Usando una Máscara Binaria.....	113

Use of Biosolids from a Wastewater Treatment Plant for the Growth of <i>Zea Mays</i> .....	118
Production of <i>Metarhizium Anisopliae</i> and <i>Beauveria Bassiana</i> Spores by Biphasic Culture and Their Pathogenicity Against <i>Heliothis Virescens</i> F.....	123
Physicochemical Stability of Phycobiliproteins Extract from <i>Arthrospira Maxima</i> .....	127
Tratamiento de Aguas Residuales de una Estación Abastecedora de Combustibles por Procesos de Oxidación Avanzada.....	133
Recognition of the Expression of the Rotavirus VP6 Protein.....	139
Comparison of the CO <sub>2</sub> Adsorption Capacity in Mg/Al Mixed Oxides and on Stone Materials of Natural Origin from San Jerónimo, Amanalco, México.....	143
Behavior Patterns of <i>Macrodactylus mexicanus</i> (Coleoptera: Melolonthidae) over Oaks Leaves.....	150
Evaluation of the Feasibility of Phytoremediation of Leachates from a Landfill in Veracruz, México.....	154
Synthesis and Structural Characterization of Nanostructures of Titanium Dioxide and Co-Catalytic Nanoparticles Prepared by Chemical Methods.....	161
<b>Ciencias Médicas y de la Salud.....</b>	<b>167</b>
Malnutrition and Its Association with Urinary Iodine Among Schoolchildren Aged 6 to 12 in a Town Located in the South of Mexico.....	168
Photodynamic Therapy for the Treatment of Cancerous Conditions with Methylene Blue: Review.....	174
Palliative Care Needs in the Complex Chronic Degenerative Patient.....	182
A Novel Strategy for $\alpha$ -Lipoic Acid Production: Bioinformatic Design of a Multi-Enzymatic Expression System for <i>Pichia Pastoris</i> .....	187
Multigenic Plasmid Construction for Light and Heavy Chain Expression of a Therapeutic Monoclonal Antibody in Mammalian Cells.....	195
Synthesis of Biomaterials Formulated with Chitosan and Polyvinyl Alcohol with Various Topographies for the Maintenance of Mesenchymal Stem Cells.....	201
Validación <i>in vitro</i> de vectores autorregulados por hipoxia y TGF- $\beta$ para terapia génica contra fibrosis.....	208
Exploring the Fractal Dimension of Human Dentin Porosity as a Possible Characterization Method in Dentistry.....	214
Electroencephalography Analysis of Music Listening for the Study of Academic Stress.....	220
Identification of Drugs Against LBD Domain of the Androgen Receptor by SBVS and Its Evaluation in a Cellular Model of Castration Resistant Prostate Cancer.....	227
Short-Term Memory After a Food Stroop in Higher Education Students.....	234
Cholecalciferol and Pioglitazone Increase Glucose Uptake and Decrease Cholesterol and Triglycerides Concentrations Without Increasing Phosphates Concentrations on 3T3-L1 Adipocytes.....	240
Insight into the Intestinal Microbiota in the Development of Metabolic Diseases from Several Populations.....	247
Determination of the Effect of Homeopathic Medicines on Thrombocytopenia.....	253
Caracterización en Tiempo y Frecuencia de Señales EEG de Pacientes con Epilepsia de Ausencia.....	258
Plan de Alta de Enfermería en Pacientes Post Quirúrgicos de un Hospital.....	264



Hepatoprotective Effect of the Subacute Oral Administration of the Aqueous Extract of <i>Justicia Spicigera</i> Schldl in Rats with Hepatic Encephalopathy .....	269
<b>Humanidades y Ciencias de la Conducta</b> .....	275
The Sor Juana that I want. Endless Reflections on the Interpretation and Representation of Juana Inés de Asbaje and Ramírez de Santillana in Contemporary Feminism.....	276
Ingreso Básico. Evidencia Empírica Sobre su Impacto en el Crimen.....	283
Meaning of Life and Suicide: A Phenomenological-Existential Approach .....	290
Instagram: Social Construction in the Visual. Essay on a Subject of Communication Related with the New Media or the Digital Communication.....	296
Masculinity based on Selfies Posted on Grindr. Determinism by Positions.....	301
The Children's Perspective of Women's Characteristics.....	307
Risk Factors Associated with Crime and Psychosocial Well-Being of the Prison Population of the State of Mexico: Preliminary Results.....	313
Philosophy and Anti-vaccine Groups: A Pluralist-Pragmatist Vision .....	319
The Philosophies Postulates behind of the Physics.....	325
Cooperation and Collaboration in the Professional Training of the Psychologist in Rigid and Flexible Curricular Models .....	332
Uncritical Reproduction Hegemonic Narrative's of the "War on Drugs" in the Media: Case of the Veracruz Massacre, September 2011.....	338
Distance Classes are the Challenge Posed by COVID-19.....	344
On the History of the National Guard in Mexico.....	349
Didácticas Flexibles, Respuesta a la Dispedagogía en un Aula Multigrado en la Enseñanza de las Matemáticas .....	356
The Limitations of Science for the Knowledge and Understanding of Reality: A Proposal from the Philosophy of Henri Bergson.....	363
Linguistic Displacement in Fifth Grade Students in a Bilingual Elementary School.....	369
The Sociodrama as a Didactic Strategy. An Experience with High School Students.....	374
Teaching Strategies of Visual Arts Teachers at the Upper Secondary Level.....	384
Los Postmillennials y la Configuración de su Identidad a través de Redes Sociales.....	390
Programs for Social Welfare as an Incentive for the Construction of Subjective Mobility: "Young People Writing the Future" .....	399
<b>Ciencias Sociales y Económicas</b> .....	405
Elements for the development of training strategies in SMEs.....	406
Strategic Plan for an Educational Services Microenterprise in Nezahualcoyotl, Mexico State.....	412
Transfers and Municipal Development in Colombia .....	418
The Single-family Home Nahua of Zumpahuacán, Estado de México.....	424
Model of Corporate Environmental Responsibility, for Acknowledgment to Micro and Small Enterprises in Xalapa-Enriquez, Ver.....	430

An Interdisciplinary Practice from Professional Task: Legal Criticism from a Formative Perspective ....	437
A Model to Implement the Entrepreneurial Culture among Community Development Engineering Students at TecNM/Instituto Tecnológico de Comitán.....	443
The Incorporation of Social Economic in the Academic Programs of the IPN, the Case of the Interdisciplinary Professional Unit of Engineering and Social and Administrative Sciences (UPIICSA)	449
Methodological Proposal of the Community Added Value (VAC) as a Strategy to Encourage Local Economic Development (LED).....	455
Public Policy Guidelines to Promote Strengthening of Value Chains in the Sustainable Energy Sector: The Case of Smes and Their Role in the National Development of the Wind Industry in Mexico. ....	461
Proposal for the Design of an Information System for the Management of Clinical Records, Implemented in the Mater Module of the Outpatient Service. ....	467
Technological Evolution of E-commerce (2006-2020).....	473
Academic Performance and Relevant Variables in Students of the Bachelor's Degree in Administrative Computer Systems from the Universidad Veracruzana, México .....	479
<b>Biología y Ciencias Agropecuarias .....</b>	<b>485</b>
Evaluation of <i>Escherichia coli</i> Strains Genetically Modified to Express the Mrcp-19k Adhesive Protein from <i>Megabalanus rosa</i> Barnacle .....	486
Study of Meteorological Conditions in Oyameles for the Design of a Prototype of fog Catcher.....	492
Composteo de un Suelo Contaminado con Hidrocarburos del Petróleo Fracción Pesada (HPFP) Usando Cáscaras de Toronja ( <i>Citrus paradisi</i> ) y Limón ( <i>Citrus aurantifolia</i> ) como Agentes de Volumen.....	498
Obtaining and Characterizing a Biopolymer from Algae ( <i>Sargassum</i> sp.) To Make Packaging in Combination with Cellulose and Starch.....	504
Moisture Resistance of Earthen Coatings Stabilized with Glycerol .....	509
Determination of Organochlorines in Tissues of Mice at Different Altitudinal Gradients in Sinaloa .....	516
Correlation of Lutropin and Follitropin with Organochlorine Pesticides in the Blood of Mice ( <i>Mus musculus</i> ) at Different Altitudinal Gradients in Sinaloa .....	524
Soil and Water Conservation Zoning: Case Study La Cañada, Querétaro Microbasin.....	532
<b>Ingeniería y Tecnología .....</b>	<b>540</b>
Environmental Labeling Method to Evaluate the Environmental Efficiency of Self-Healing Polymeric Concretes.....	541
Kanban Methodology as a Method of Regularization of Work .....	547
Desarrollo de una Aplicación Web para la Gestión de Rutas de Vehículos Recolectores de Residuos Sólidos Mediante Geolocalización. (Caso de Estudio San Gil, Santander) .....	553
Low-cost Homemade Fiber Optic Coiling Device.....	562
Portable Insole Prototype for Measuring Forces on the Sole of the Foot During the Gait Cycle .....	568
End-Effector with Three Fingers.....	574
Application of a Machine Learning Model in an Image Analyzer for the Measurement of Peribronchial and Perivascular Collagen in a Murine Model of Asthma with Dust Mite .....	580

---

Imaging Future Trajectories for Spatial Planning of the Protected Areas of the Sierra Madre de Chiapas Complex .....	587
Evaluación del Desempeño de Transistores de Película Delgada de IGZO Bajo Estrés Eléctrico Pasivados con SU-8 y Análisis del Corrimiento de $V_a$ .....	594
Use of the EMG-360 to Determine which Muscles are Activated in the Flexion-Extension Movement of the 5 Fingers of the Human Hand. ....	600
Diseño e Implementación de un Prototipo de Protección Catódica Aplicado a un Acero A-36 Expuesto en Solución $Na_4$ .....	606
Exploratory Analysis of Spatial Data to Identify the Demand for Urban Freight Transport .....	611
Fabricación, Caracterización Eléctrica y Térmica del Material Nanocompuesto de GnP/Resina Epóxica. Evaluación Como Protección para Rayos .....	617
Saltwater Supply System for a Solar Distillation Desalination .....	623
<b>Interdisciplinarias y Multidisciplinarias.....</b>	<b>629</b>
Assessing Walkability Built Environment Attributes in Mexico City Using Grouping Analysis .....	630
Impact of Urban Expansion in the Río Sabinal Sub-Basin From an Architectural Vision .....	637





## Exploratory Analysis of Spatial Data to Identify the Demand for Urban Freight Transport

### Análisis Exploratorio de Datos Espaciales para Identificar la Demanda de Transporte Urbano de Mercancías

Lizbeth Tovar Plata  
Facultad de Geografía  
Universidad Autónoma del Estado  
de México  
Toluca, México  
ltovarp@uaemex.mx

Raquel Hinojosa Reyes  
Facultad de Geografía  
Universidad Autónoma del Estado  
de México  
Toluca, México  
rhinojasar@uaemex.mx

**Abstract** — The objective of this document is to show the importance of carrying out an exploratory spatial data analysis (ESDA) for the study of urban freight transport, before carrying out a spatial modeling; this study is part of a doctoral project investigation and presents a first approach to the analysis of the demand for urban freight transport and the socio-territorial characteristics of the Toluca Metropolitan Area (ZMT) at the Basic Geostatistical Area (AGEB) scale. The ESDA is a set of techniques that describe and visualize spatial distributions, discover spatial association schemes, among other aspects, and in this study it was applied to spatial variables that make up the urban structure identified in the literature: population density, land use, density of employment, density and proximity of communication routes, income, housing and age of the population in relation to the retail businesses that act as demanders of merchandise. The results highlight that the variables that are related to the demand for freight transport are: age of the population, income and housing. Groups of AGEBS were detected where there is a high and low presence of retail stores, as well as spatial atypicals where there are AGEBS with a high number of stores and around there are a low number of these or vice versa.

**Keywords** — urban freight transport; demand; urban structure; exploratory analysis of spatial data.

**Resumen** — El presente documento tiene como objetivo mostrar la importancia de realizar un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) para el estudio del transporte urbano de mercancías, antes de realizar una modelación espacial; este estudio forma parte de una investigación de proyecto doctoral y presenta un primer acercamiento al análisis de la demanda de transporte urbano de mercancías y las características socio territoriales de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) a escala de Área Geostadística Básica (AGEB). El AEDE es un conjunto de técnicas que describen y visualizan las distribuciones espaciales, descubren esquemas de asociación espacial, entre otros aspectos y en este estudio se aplicó a variables espaciales que conforman la estructura urbana identificadas en la literatura: densidad de población, uso de suelo, densidad de empleo, densidad y proximidad de vías de comunicación, ingreso, vivienda y edad de la población en relación con los comercios minoristas que fungen como demandantes de mercancías. Los resultados destacan que las variables que están relacionadas con la demanda de transporte de mercancías son: edad de la población, ingreso y vivienda. Se detectaron agrupaciones de AGEBS donde hay alta y baja presencia de comercios minoristas, así como atípicos espaciales donde hay AGEBS con un elevado número de comercios y alrededor hay un número bajo de estos o viceversa.

**Palabras clave** — transporte urbano de mercancías; demanda; estructura urbana, análisis exploratorio de datos espaciales.

## I. INTRODUCCIÓN

El transporte urbano de mercancías o de “última milla” es el encargado de realizar las entregas al interior de las ciudades, desde los puntos de producción hasta los de consumo, específicamente a los comercios minoristas; es un transporte indispensable para el abasto de bienes y la competitividad económica de las urbes (Rodríguez, Comtois, & Slack, 2006). A pesar de su importancia, es uno de los sistemas de transporte menos atendido en las ciudades, es por ello que los impactos negativos que genera han ido en aumento en las últimas décadas, como lo menciona Herzog (2011), actualmente, en las ciudades de países en desarrollo, el 50% del tránsito vehicular en las vialidades urbanas corresponde al movimiento de mercancías, sin contar las emisiones contaminantes, el ruido, los accidentes y el impacto en la movilidad peatonal cuando se realizan las maniobras de carga y/o descarga. Aunque el transporte de carga está contemplado en los planes de movilidad urbana, este transporte se ubica en el cuarto lugar de la pirámide de movilidad, y las acciones para regularlo son parciales, o bien, carecen de un diagnóstico previo de la demanda existente y de las características espaciales de la zona donde opera, por lo que muchas veces las políticas implementadas no tienen el éxito esperado, o, peor aún, dan resultados ineficientes a corto y mediano plazo, tal como lo afirman Diziain, et al. (2013) y Lindhlo (2012).

Es por lo anterior que autores como Ducret et al., (2016) sugieren la necesidad imperante de tener un diagnóstico territorial previo a la implementación de políticas reguladoras para el transporte de mercancías, donde se analicen las características de la ciudad para poder diferenciar la demanda de mercancías, que aseguran, no es homogénea en la urbe, sino que se pueden encontrar distintas zonas con una determinada demanda y características espaciales particulares, en este sentido, el análisis espacial puede ser un recurso viable para tener un diagnóstico del territorio y sus actividades con el que se puedan generar alternativas de planificación de este transporte, las cuales permitan integrar distintas variables de la ciudad.

Analizar espacialmente el transporte urbano de mercancías puede considerarse un enfoque innovador pues no ha sido muy utilizado (Albo & Silva, 2014), sin embargo, dada la cantidad de variables espaciales que se observan en las ciudades y que pueden relacionarse con la demanda del transporte de mercancías, se hace factible realizar primeramente algunas aproximaciones al objeto de estudio para entender el comportamiento de

la demanda de mercancías y de las variables urbanas, esta aproximación se puede dar mediante un Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), el cual está conformado por una serie de técnicas que permiten realizar un estudio inicial antes de la realización de procedimientos estadísticos de mayor complejidad, con la intención de facilitar la elección de variables e indicadores así como de los métodos y técnicas más viables en función del comportamiento de los datos espaciales. El AEDE combina el análisis estadístico y el gráfico, lo que permite tener una apreciación científica y visual de lo que ocurre con los datos estudiados. (Sánchez-Díaz, Holguín-Veras, & Wang, 2014).

Para realizar esta primera aproximación fue necesario identificar de las variables espaciales que inciden en el transporte urbano de mercancías mediante la revisión de bibliografía; una vez identificadas se obtuvieron del repositorio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a escala de área geostadística básica (AGEB), ya recopilados, estos datos se estandarizaron para poder realizar el AEDE en el software GEODA.

Este documento está conformado por cinco apartados. El primer apartado contiene la revisión de literatura que fue la base para la identificación de las variables a utilizar; el segundo y tercer apartado corresponden a una breve descripción de la zona de interés y a la metodología utilizada respectivamente. El cuarto apartado contiene los resultados y discusión del análisis realizado y el último apartado corresponde a las conclusiones.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. Estudios de transporte de carga con perspectiva espacial

El enfoque espacial es relativamente reciente en los estudios de transporte urbano de mercancías, el cual se ha utilizado en investigaciones en la última década arrojando resultados que enriquecen el conocimiento de este tipo de transporte, así como el impacto que la estructura socio territorial de las ciudades tienen en este, se considera un enfoque innovador por la visión integral que permite tener del sistema de transporte de carga. En la revisión de literatura se encontraron algunos trabajos que analizan la demanda de transporte de mercancías integrando variables de índole espacial para relacionar esta demanda. En 2012, en un estudio de Reino Unido se examinó la actividad de transporte de mercancías por carretera y su relación con la ubicación de las instalaciones y la forma urbana a través de un análisis



de 14 áreas urbanas, este estudio sugiere que varios factores geográficos y espaciales tienen influencias importantes en la actividad de carga en zonas urbanas (Allen, Browne, & Cherrett, 2012). En otro de los estudios revisados, realizado en 2016, se propuso una herramienta para la toma de decisiones en materia de transporte urbano de mercancías en una ciudad francesa, la cual se basó en modelación espacial y análisis clúster, las variables utilizadas fueron: uso de suelo, densidad de población, densidad de vías, en este estudio los autores concluyeron que el análisis espacial es un enfoque integrado que puede ser una herramienta de apoyo para la distribución de bienes urbanos (Ducet, Lemarié, & Roset, 2016). Uno de los estudios más recientes fue realizado en Nueva Delhi en 2019, el cual tuvo por objetivo abordar el análisis de la generación de viajes de carga con respecto a variables del entorno, tales como densidad de población, densidad comercial, uso del suelo mixto, para comprobar la influencia de estos factores en los patrones de generación de viajes de carga; en este estudio se concluyó que la estructura espacial de la ciudad es un factor crucial para la ubicación de todas las entidades receptoras de carga (Bakshi, Tiwari, & Bolia, 2019).

#### *B. El análisis exploratorio de datos espaciales utilizado en estudios de transporte*

El análisis exploratorio de datos espaciales se ha utilizado principalmente para analizar el transporte de personas, tanto motorizado como no motorizado, obteniendo resultados que han permitido conocer el comportamiento de las variables analizadas con relación al objeto de estudio y con base en ello, la elección de las variables óptimas para ser incluidas en modelos de análisis más complejos (Levy, Golani, & Ben-Elia, 2019; Wang & Mu, 2018).

El AEDE se ha utilizado poco para estudiar el transporte de mercancías, el ejemplo que se tiene es de un estudio realizado en la ciudad de Nueva York, en este estudio se exploró el rol del entorno urbano y su relación con la atracción de los viajes de carga, los autores exploraron el papel de los atributos comerciales, el uso de la red vial, la densidad de empleo, la distancia a la red vial primaria y el uso de suelo, los hallazgos de este estudio exploratorio arrojaron luz sobre el uso de localización de las variables y especificaciones de efectos espaciales para mejorar los modelos de atracción de viajes de transporte de carga (Sánchez-Díaz, Holguín-Veras, & Wang, 2014).

### III. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio es la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), la cual es considerada la quinta zona metropolitana con mayor número de habitantes en México y la segunda a nivel estatal. Se ubica al oeste de la Zona Metropolitana del Valle de México, está conformada por 15 municipios y tiene una población aproximada de dos millones de habitantes (INEGI-CONAPO, 2018). Es una de las zonas metropolitanas más dinámicas del país, desde los años sesenta con la industrialización de la zona y posteriormente con el crecimiento del sector terciario en los años ochenta. Aunque actualmente sigue siendo una metrópoli con importantes parques industriales, la dinámica económica está basada principalmente en el sector terciario: comercio y servicios, conformado por 48,000 y 39,000 unidades económicas respectivamente (DENUE, 2018). Algo que cabe resaltar es que el 94% del subsector comercial está constituido por comercios minoristas los cuales se consideran polos atractores del transporte urbano de mercancías, ya que son el punto de destino de los bienes que son transportados al interior de las ciudades, lo que representa un aspecto clave que permite inferir la alta demanda de viajes de transporte de carga en la zona de estudio.

Aunado a lo anterior, la cercanía con la Ciudad de México y el tener la ciudad capital de la entidad, son elementos claves que permiten observar en esta zona características como la densidad de vías regionales y primarias que permiten conectar a la ZMT al interior de la misma y con las principales ciudades circunvecinas, alta densidad de población (lo que se traduce en una alta demanda de bienes y servicios), usos de suelo variados: comerciales, industriales y habitacionales los cuales pueden representar condiciones que determinen la demanda de transporte urbano de mercancías.

### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Es un estudio de carácter cuantitativo, de tipo transversal, en el cual se determinaron una serie de variables con base en la revisión de literatura de estudios de modelación de la demanda de transporte urbano de mercancías con enfoque espacial, Tabla 1.



Tabla 1. Variables utilizadas

Variable	Indicador
Uso de suelo	Densidad comercial Densidad industrial Densidad habitacional Densidad de servicios
Red vial	Densidad de vialidades regionales Densidad de vialidades primarias Densidad de vialidades secundarias Densidad de vialidades locales
Población	Densidad de la población
Proximidad	Distancia a la red vial regional o primaria
Empleo	Densidad de empleo
Ingreso	Nivel de ingreso
Vivienda	Tipo de vivienda
Edad de la población	Población de 15 a 64 años
Establecimientos comerciales	No. de comercios minoristas

Para el caso del número de comercios minoristas, la densidad de empleo y los indicadores de uso de suelo se recurrió al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). La densidad de población, la edad de la misma, el nivel de ingreso y el tipo de vivienda se calcularon con información del último Censo de Población y Vivienda; la densidad de vías de comunicación y la distancia a vialidades regionales o primarias se calcularon a partir de la información vectorial de vialidades de la zona de estudio en el software QGIS, toda esta información se obtuvo del repositorio digital del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

El análisis se efectuó con información vectorial a escala de Área Geostatística Básica (AGEB) urbana, cual está definida como el área geográfica ocupada por un conjunto de manzanas perfectamente delimitadas por calles, avenidas, o cualquier otro rasgo de fácil identificación en el terreno y cuyo uso del suelo es principalmente habitacional, industrial, de servicios, comercial, etcétera, y se encuentran al interior de zonas urbanas, (INEGI, 2008).

Para poder realizar el AEDE, los datos recopilados tuvieron que estandarizarse, ya que estaban en distintas unidades, la estandarización se hizo con el método conocido como valor Z, con la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{x - \bar{\mu}}{\sigma}$$

Donde  $x$  es el valor observado,  $\mu$  la media de los datos y  $\sigma$  la desviación estándar del conjunto de datos.

Finalmente, con los datos estandarizados se efectuó el análisis exploratorio de datos espaciales, el cual es un conjunto de técnicas que describen y visualizan las distribuciones espaciales, identifican localizaciones atípicas, descubren esquemas de asociación espacial y sugieren estructuras espaciales u otras formas de heterogeneidad espacial. En el AEDE se utilizaron técnicas de para determinar la distribución espacial univariante y multivariante, en la primera se utilizó el diagrama de caja (map box) el cual sirve para identificar las unidades espaciales en intervalos compuestos por el 25% de estas, permitiendo identificar los valores atípicos; en la segunda se realizaron los gráficos de dispersión para cada variable de estudio con respecto a los comercios minoristas. Se efectuó también el análisis de autocorrelación espacial de I de Moran-Lisa univariante de los comercios al por menor, tanto global como local, el cual muestra el grado en que los objetos o actividades pertenecientes a una unidad espacial se asemejan a los objetos o actividades presentes en sus unidades espaciales contiguas, cuyos valores oscilan entre -1 y 1, donde un valor igual a cero indica que no existe autocorrelación entre los elementos (Buzai & Baxendale, 2012).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Distribución espacial - Análisis univariante

Al analizar la distribución espacial de los comercios minoristas se puede notar que existen 16 AGEB's con valores atípicos muy altos, es decir, que concentran un número elevado de comercios al por menor que el resto de los polígonos observados. Estos se encuentran en el centro histórico de la ciudad y en las cabeceras municipales de los municipios exteriores, Figura 1.

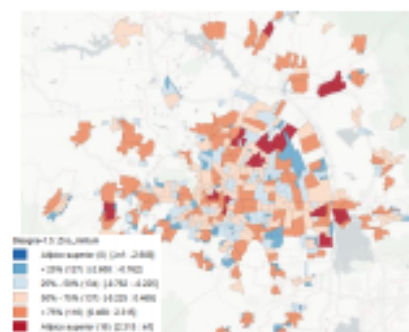


Figura 1. Mapa de caja (map box) de comercios minoristas en la ZMT

### B. Diagramas de dispersión

Los diagramas de dispersión bivariado permitieron identificar la relación existente entre el número de comercios minoristas y las variables socio-territoriales analizadas, estos mostraron que las variables que se encuentran más correlacionadas con el número de comercios al por menor son: a) la población de 15 a 64 años, b) el ingreso y c) el tipo de vivienda, mientras que el resto de las variables analizadas tienen coeficiente de correlación bajos, lo significa que la relación existente entre estas variables y los comercios minoristas no es lineal. Ver Figura 2.

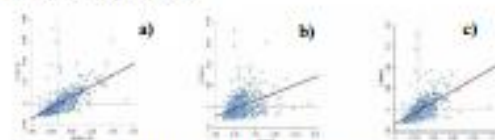


Figura 2. a) población de 15 a 64 años, b) ingreso, c) tipo de vivienda

Uno de los hallazgos más importantes en los gráficos de dispersión es la casi nula relación lineal que existe entre los comercios minoristas y la densidad de vías regionales y primarias, así como la distancia a estas, comparados con los resultados de estudios realizados en ciudades de países desarrollados donde existe una alta correlación entre estas variables.

### C. Autocorrelación Espacial Univariante - I Moran Global

En el índice de Moran Global se obtuvo un valor de 0.184 lo que indica que existe una autocorrelación espacial positiva débil, es decir, los comercios presentan cierta autocorrelación espacial, con lo que se considera que su ubicación no es del todo aleatoria. Los comercios minoristas se pueden clasificar dentro de 2 grupos, el grupo 1 muestran agrupaciones de AGEBS rodeados de otros con características similares en cuanto a número de comercios al por menor, mientras que el grupo 2 presenta atípicos espaciales, lo que hace referencia a AGEBS rodeados de otros con características distintas respecto al número de minoristas. Los AGEBS correspondientes al primer grupo se encuentran principalmente en la periferia norte de la ZMT, rodeando el centro histórico de la ciudad y en la zona sur de la ciudad de Toluca; los AGEBS del segundo grupo se ubican en su mayoría en la porción oriente y de manera dispersa en las periferias de la ZMT.

### D. Autocorrelación Espacial Univariante - I Moran Local-LISA

La Figura 3 presenta la localización espacial de los AGEBS que han resultado ser estadísticamente significativos en cuanto a su autocorrelación espacial (70) y los que no lo fueron (460). Los AGEBS con resultados Alto-Alto se observan en el centro histórico de la ciudad y en las cabeceras municipales, mientras que los AGEBS con resultados Bajo-Bajo en los límites de los municipios de Toluca y Metepec. También es posible apreciar los atípicos espaciales: Alto-Bajo en localidades de municipios periféricos, con resultados Bajo-Alto en la zona norte del centro histórico de la ciudad y en el municipio de Zinacantepec. Ver Figura 3.

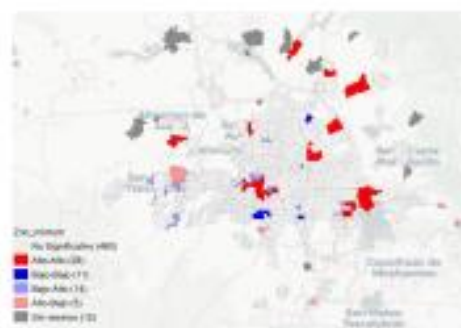


Figura 3. Mapa de cluster LISA

## VI. CONCLUSIONES

El análisis exploratorio de datos espaciales se vuelve indispensable para poder tener una primera aproximación al objeto de estudio, la cual permitirá poder realizar estudios de mayor complejidad posteriormente con el conocimiento preliminar del comportamiento de las variables analizadas. Se puede resaltar la pertinencia de estas técnicas como punto de partida para identificar asociaciones entre variables, que se sospecha puedan tener relación con algún elemento o actividad en el territorio que se pretenda explicar, como es el caso de la demanda de transporte urbano de mercancías y su asociación con las distintas variables analizadas. Los resultados obtenidos son de utilidad para abordar la demanda de transporte urbano de mercancías en los comercios minoristas y su relación con las características de la ciudad, desde una perspectiva espacial. Este tipo de herramientas analíticas se vuelven relevantes los estudios de planificación del transporte y los usos del suelo.



En este estudio con el AEDE se pudo constatar que los indicadores analizados se comportan de manera distinta en comparación con los resultados de los estudios de ciudades en países desarrollados que fueron consultados para la identificación de variables espaciales que inciden en la demanda de transporte de mercancías, principalmente en lo que respecta a la densidad de vías y la proximidad a estas, pues en países desarrollados la relación que guardan los comercios con estas variables es alta, mientras que en la ZMT no presenta una relación significativa.

#### AGRADECIMIENTO

Este documento forma parte de un trabajo de investigación doctoral en Geografía y Desarrollo Geotecnológico de la UAEMex el cual es financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Se agradece al CONACYT y al comité tutorial por el apoyo otorgado.

#### REFERENCIAS

- Alho, A., & Silva, J. (2014). Analyzing the relation between land-use/urban freight operations and the need for dedicated infrastructure/enforcement — Application to the city of Lisbon. *Research in Transportation Business & Management*, 11, 85-97.
- Allen, J., Browne, M., & Cherrett, T. (2012). Investigating relationships between road freight transport, facility location, logistics management and urban form. *Journal of Transport Geography*, 24, 45-57.
- Bakshi, N. D., Tewari, G., & Bolia, N. (2019). Influence of urban form on urban freight trip generation. *Case Studies on Transport Policy*, 229-235.
- Buzai, G., & Basendale, C. (2009). Análisis exploratorio de datos espaciales. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*(1), 1-11.
- Buzai, G., & Basendale, C. (2012). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ordenamiento Territorial. Temáticas de base vectorial*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Diziain, D., Gardat, M., & Routhier, J. (2013). Far from the Capitals: what are the relevant city logistics public policies? *13th World Conference on Transport Research*, (pág. 16). Rio de Janeiro.
- Ducret, R., Lemarié, B., & Roset, A. (2016). Cluster analysis and spatial modeling for urban freight. Identifying homogeneous urban zones based on urban form and logistics characteristics. *Transportation Research Procedia*(12), 301-313.
- Herzog, B. (2011). *Transporte urbano de carga para ciudades en desarrollo*. Eschborn, Alemania: Dominik Schmid.

- Levy, N., Golani, C., & Ben-Elia, E. (2019). An exploratory study of spatial patterns of cycling in Tel Aviv using passively generated bike-sharing data. *Journal of Transport Geography*, 325-334.
- Lincaru, C., Atanasiu, D., Ciaca, V., & Pirciog, S. (2016). Peri-urban Areas and Land Use Structure in Romania at LAU2 Level: An Exploratory Spatial Data Analysis. *Procedia Environmental Sciences*, 124-137.
- Lindholm, M. (2012). How local authority decision makers address freight transport in the urban area. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 134 – 145.
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2006). *The Geography of Transport Systems*. Abingdon, Oxon: Routledge.
- Sánchez-Díaz, I., Holguín-Veras, J., & Wang, X. (2014). An exploratory analysis of spatial effects on freight trip attraction. En *Transportation*. Springer.
- Wang, M., & Mu, L. (2018). Spatial disparities of Uber accessibility: An exploratory analysis in Atlanta, USA. *Computers, Environment and Urban Systems*, 169-175.



**Lizbeth Tovar Plata.** Licenciada en Geografía y Maestra en Análisis Espacial y Geoinformática por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Docente de signatura de la Licenciatura en Geografía en la Facultad de Geografía de la UAEMex. Principales líneas de trabajo: transporte, sistemas de información geográfica, análisis espacial.



**Raquel Hinojosa Reyes.** Licenciada en Geografía y Doctora en Urbanismo por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Geografía, Coordinadora de la Especialidad en Cartografía Automatizada, Teledetección y SIG de la UAEMex. Principales líneas de trabajo: transporte, accidentes viales, sistemas de información geográfica, análisis espacial.