



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

## POSGRADO EN GEOGRAFÍA

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental  
-CIGA-

**“Análisis espacial del impacto del Macrobús en la  
ocurrencia de eventos de tránsito en Guadalajara, Jalisco,  
México”**

## TESIS

Para obtener el grado académico de

**MAESTRA EN GEOGRAFÍA**

Presenta

**Martha Lucía Castañeda Cediél**

**Asesor de Tesis: Dr. Alfredo de Jesús Celis de la Rosa**  
Centro Universitario de Ciencias de la Salud, U. de Guadalajara

**Asesor de Tesis: M. en C. Alejandra P. Larrazábal de la Vía**  
Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM

MÉXICO

2012



## AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos van más allá de lo institucional y aunque no se encuentren nombrados aquí, son para todos aquellos que me dieron la oportunidad de su contacto mientras caminaba en este trabajo.

Al **CONACYT** por el apoyo económico brindado los últimos semestres de mi maestría.

Al Dr. **Alfredo Celis de la Rosa**, Coordinador del Doctorado en Salud Pública, Centro Universitario de Ciencias de la Salud. Universidad de Guadalajara. Por darme la oportunidad y todo el apoyo para realizar este trabajo de investigación cuya propuesta es enteramente suya.

A la M. en C. **Alejandra Larrázabal de la Vía**, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. Por su apoyo profesional y personal durante mi estancia en México.

Al Dr. **Andrés Villaveces Izquierdo**, Research Assistant Professor. Department of Epidemiology, University of North Carolina. Injury Prevention Research Center. Por ser mi mejor crítico en las innumerables versiones de este trabajo, por retroalimentarme continuamente e incentivar mi búsqueda académica.

A la Dra. **Martha Hajar Medina**, Instituto Nacional de Salud Pública de México. Por brindarme su apoyo incondicional tanto personal como académico durante toda mi estancia en México.

Al M. en C. **José Antonio Navarrete Pacheco**, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. Universidad Nacional Autónoma de México. Por su apoyo profesional y la incansable búsqueda que me anima.

A la Lic. **Luz María Curiel**, Jefe de Estudios y proyectos especiales, Secretaría de Vialidad y Tránsito del Estado de Jalisco. Por su trabajo constante e invaluable para la obtención de la base de datos original que sirvió como base para este trabajo.

Al **Centro Estatal de Investigación de la Vialidad y el Transporte (CEIT)**, en las personas de **Enrique, Diego y Francisco**, por toda la información suministrada, el apoyo y la apertura al diálogo constante durante este trabajo.

Nuevamente al Dr. Alfredo Celis y a la M. en C. Alejandra Larrázabal por su orientación como tutores y por trabajar conmigo día a día.

Finalmente quiero agradecer a los Drs. Alfredo Celis, Andrés Villaveces, Martha Hajar, Antonio Vieyra y la M. en C. Alejandra Larrázabal por aceptar formar parte de mi sínodo y por sus enriquecedoras aportaciones al trabajo aquí presentado.

Nombrar los agradecimientos personales uno por uno harían este preámbulo más largo que la tesis. Sin embargo van algunos fundamentales y algunos que debería repetir porque se encuentran en contextos dobles ya fueron escritos.

A **La Vida** porque es en su contexto que tengo agradecimientos personales inconmensurables. Porque si es cierto que la materia se transforma y la energía se transmuta, somos infinitos y cada una de nuestras decisiones tiene una responsabilidad hacia la eternidad.

Al Ingeniero **Alexander Quevedo Chacón**, porque en la distancia y en la virtualidad, no pasó un solo día sin que su presencia me animara y su ayuda profesional llegara.

A **Juan Manuel** porque sin su capacidad de centro no estaría escribiendo este texto.

A **Minea Lucía** porque en la distancia y en la virtualidad estuvo conmigo cada día y compartiendo sus batallas diarias. Su tesón es una fuente de ánimo.

A todas las personas que compartieron conmigo en este camino aún antes de caminarlo. Por el continuo aprendizaje que he intercambiado con todos, por todo lo que he crecido,

**gracias ... totales** (como diría Soda Stereo).

*[...] el conocimiento científico fue concebido durante mucho tiempo, y aún lo es a menudo, como teniendo por misión la de disipar la aparente complejidad de los fenómenos, a fin de revelar el orden simple al que obedecen.*

*Pero si los modos simplificadores del conocimiento mutilan, más de lo que expresan, aquellas realidades o fenómenos de los que intentan dar cuenta, si se hace evidente que producen más ceguera que elucidación, surge entonces un problema: ¿cómo encarar a la complejidad de un modo no-simplificador? [...]*

***La complejidad es una palabra problema y no una palabra solución.***

*[...]En este sentido el pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional. [...]*Implica el reconocimiento de un principio de incompletitud y de incertidumbre. Pero implica también, por principio, el reconocimiento de los lazos entre las entidades que nuestro pensamiento debe necesariamente distinguir, pero no aislar, entre sí.

***Edgar Morin. Introducción al pensamiento complejo.***

*«El pájaro rompe el cascarón. El cascarón es el mundo. Quien quiera nacer, tiene que destruir un mundo. El pájaro vuela hacia Dios. El dios se llama Abraxas.»*

***Herman Hess. Demian***



*Quino*

## CONTENIDO

### CONTENIDO

Índice de tablas

Índice de figuras

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>I. EL MARCO (Elementos conceptuales para una aproximación) .....</b>	<b>3</b>
1. El tema.....	3
2. ¿Cuál es el problema? .....	4
2.1 ¿Por qué es importante?.....	6
3. El Marco conceptual .....	7
3.1 Lo que se ha hecho.....	7
3.2 Nuestro referente conceptual.....	14
4. Los Objetivos.....	21
4.1 Objetivo general.....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
5. Los supuestos .....	21
<b>II. EL PROCESO (Comprendiendo espacialmente los flujos resultantes de un sistema complejo) .....</b>	<b>23</b>
1. Las fuentes de datos .....	23
2. Los procesos de aproximación.....	23
2.1 Preparación de datos .....	24
2.2 Manejo de datos .....	30
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
1. Pruebas estadísticas iniciales: exploración del espacio muestral.....	41
2. La exploración espacial.....	52
3. La evaluación morfológica .....	73
4. Conclusiones .....	88
5. Recomendaciones .....	90
Referencias Bibliográficas.....	95
ANEXOS .....	103

## Índice de tablas

### II. EL PROCESO (Comprendiendo espacialmente los flujos resultantes de un sistema complejo)

Tabla 1. Estructura de las tablas de datos de la Secretaría de Vialidad y Transporte del Estado de Jalisco. ....	25
Tabla 2. Resumen de datos para eventos de tránsito considerados. 2007-2009. ....	29
Tabla 3. Árbol de decisión multicriterio o Evaluación Espacial de Criterios Múltiples –EECM-. Calificación de segmentos corredor Macrobus. ....	34
Tabla 4. Clasificación de las condiciones reportadas por los segmentos en Evaluación Espacial de Criterios Múltiples (EECM). ....	40

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Participación de los corredores en estudio en la ocurrencia de eventos de tránsito para los años 2007 y 2009 por área geográfica. ....	41
Tabla 2. Resumen numérico de datos corredor Macrobus vs. Corredor Federalismo, año 2007. ....	49
Tabla 3. Resumen numérico de datos corredor Macrobus vs. Corredor Federalismo, año 2009. ....	50
Tabla 4. Evaluación de normalidad en la distribución de las variables consideradas para ET en los corredores en estudio, 2007. ....	51
Tabla 5. Intersecciones que concentran ET en los corredores en estudio 2007-2009. ....	52
Tabla 6. Histogramas de distribución de intervalos de frecuencia para eventos de tránsito. Corredor Macrobus, 2007-2009. ....	53
Tabla 7. Intersecciones clasificadas por intervalos de frecuencias de eventos de tránsito. Corredor Macrobus 2007-2009. ....	53
Tabla 8. Histogramas de distribución de intervalos de frecuencia para eventos de tránsito. Corredor Federalismo, 2007-2009. ....	53
Tabla 9. Evaluación de normalidad bajo la prueba estadística de Shapiro-Wilk. Corredores en estudio 2007-2009. ....	54
Tabla 10. Índice global de Moran para establecer autocorrelación en la frecuencia de eventos de tránsito. Corredor Macrobus, 2007-2009, ....	63
Tabla 11. Prueba estadística G para establecer autocorrelación global en la distribución de intervalos de frecuencia para eventos de tránsito, 2007-2009, ....	63
Tabla 12. Histogramas de distribución de desviaciones estándar para la identificación de puntos críticos. Corredor Macrobus, 2007-2009. ....	65
Tabla 13. Histogramas de distribución de desviaciones estándar para la identificación de puntos críticos para ocurrencia de eventos de tránsito. Corredor Federalismo, 2007-2009. ....	66
Tabla 14. Histograma de distribución de calificación de las condiciones del subsistema vía. Corredor Macrobus, 2010-2011. ....	74
Tabla 15. Histograma de distribución de calificación de las condiciones del subsistema banqueta.	

Corredor Macrobus, 2010-2011.....	74
Tabla 16. Histograma de distribución de calificación de las condiciones del subsistema entorno. Corredor Macrobus, 2010-2011.....	75
Tabla 17. Histograma de distribución de calificación parcial de las condiciones del corredor Macrobus, 2010-2011. ....	76

## Índice de figuras

<b>I. EL MARCO (Elementos conceptuales para una aproximación) .....</b>	<b>3</b>
Figura 1. Macrobus como sistema de alteridad. ....	16
Figura 2. Flujos en el sistema Macrobus.....	16
Figura 3. Paisaje como realidad material de la organización sistémica. ....	17
Figura 4. Retroalimentación del sistema Macrobus a partir de los flujos de salida considerados (Eventos de tránsito). ....	17
Figura 5. Proceso de meseta homeostática con constancia relativa a partir de retroalimentación negativa. ....	18
Figura 6. Modelo icónico conceptual del análisis geográfico del impacto del Macrobus en la ocurrencia de eventos de tránsito en Guadalajara, Jalisco, México. ....	20
<b>II. EL PROCESO (Comprendiendo espacialmente los flujos resultantes de un sistema complejo)</b>	
Mapa 1. Localización de los Corredores viales en estudio. ....	27
Figura 1. Técnicas de mapeo de distribución espacial: Mapa de puntos y Mapa temático por áreas geográficas. ....	32
Figura 2. Árbol de decisión multicriterio para el corredor Macrobus o Evaluación Espacial de Criterios Múltiples –EECM-. ....	35
Figura 3. Flujograma de conceptualización del segmento ideal en el árbol de decisión multicriterio o Evaluación Espacial de Criterios Múltiples –EECM-. ....	37
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>41</b>
Gráfico 1. Distribución de frecuencias para ET en los corredores en estudio de acuerdo con el rango horario. 2007-2009.....	44
Gráfico 2. Distribución de frecuencias para ET en los corredores en estudio de acuerdo con el día de la semana. 2007-2009 .....	44
Gráfico 3. Distribución de frecuencias para ET-2007 en los corredores en estudio de acuerdo con el mes del año. 2007-2009. ....	45
Gráfico 4. Distribución de frecuencias para ET en los corredores en estudio de acuerdo con el tipo de evento. 2007-2009.....	47
Gráfico 5. Distribución de frecuencias para ET en los corredores en estudio de acuerdo con el tipo de usuario. 2007-2009.....	47

Gráfico 6. Distribución de frecuencias para ET en los corredores en estudio de acuerdo con el tipo de lesión. 2007-2009.....	<b>48</b>
Gráfico 7. Distribución de frecuencias para ET en los corredores en estudio de acuerdo con el tipo de vehículo. 2007-2009.....	<b>48</b>
Mapa 2. Distribución de intervalos de frecuencias para eventos de tránsito. Corredor Macrobús, 2007-2009.....	<b>55</b>
Mapa 3. Distribución de intervalos de frecuencias para eventos de tránsito. Corredor Federalismo, 2007-2009.....	<b>57</b>
Mapa 4. Patrones de distribución mediante el cálculo de Elipse de desviación estándar de los intervalos de frecuencias del Corredor Macrobús, 2007-2009.....	<b>59</b>
Mapa 5. Patrones de distribución mediante el cálculo de Elipse de desviación estándar de los intervalos de frecuencias del Corredor Federalismo, 2007-2009. ....	<b>61</b>
Mapa 6. Identificación de puntos críticos para eventos de tránsito. Corredor Macrobús, 2007-2009. ....	<b>67</b>
Mapa 7. Localización de estaciones de Macrobús con respecto a hallazgo de puntos críticos para ET. 2009 .....	<b>69</b>
Mapa 8. Identificación de puntos críticos para eventos de tránsito. Corredor Federalismo 2007-2009 .....	<b>71</b>
Mapa 9. Condiciones del subsistema vía en el corredor Macrobús, 2010-2011. Evaluación Espacial de Criterios (EECM). ....	<b>77</b>
Mapa 10. Condiciones del subsistema banqueta (andén) en el corredor Macrobús, 2010-2011. Evaluación Espacial de Criterios Múltiples (EECM).....	<b>79</b>
Mapa 11. Condiciones del subsistema entorno en el corredor Macrobús, 2010-2011. Evaluación Espacial de Criterios Múltiples (EECM). ....	<b>81</b>
Mapa 12. Índice integrado de morfología urbana para el Corredor Macrobús, 2010-2011 (EECM).....	<b>83</b>
Mapa 13. Índice integrado de morfología (2010) Vs. Puntos críticos para ET (2009). Corredor Macrobús .....	<b>85</b>
Mapa 14. Identificación de tramos de riesgo asociados al corredor Macrobús.....	<b>93</b>

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de soluciones para los “problemas”, plantea un reto de aproximación integral que se acerque a una explicación de la realidad dentro de la realidad misma, es decir, como parte integrante de sistemas complejos y abiertos en intercambio continuo con otros sistemas, que presenta posibilidades de visualización multiescalar y multinivel y que exige interdisciplinariedad para su comprensión (García 1994).

Todo aquello que denominamos “problemas” son flujos resultantes de una serie de procesos que implican la asociación de diversas formas de hacer el mundo para los actores (físicos y humanos) que interactúan en éstos y esta forma de interacción obedece a patrones culturales que se explicitan en el paisaje.

La introducción de elementos nuevos en un sistema implica cambios en los comportamientos tanto de los actores como de los procesos al interior y de los flujos resultantes del mismo en una retroalimentación continua del sistema mismo.

En este sentido, los eventos de tránsito se presentan como flujos resultantes de un proceso complejo de relación que involucra elementos urbanos, de transporte, ambientales y perceptuales, entre otros, que los han elevado hasta convertirse en un problema de salud pública importante a nivel mundial.

Para este caso de estudio se ha retomado la introducción del Macrobus en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco-México (2009), como un elemento que generó cambios en la ciudad y que alteró la ocurrencia de eventos de tránsito en el corredor de implementación del servicio de transporte masivo.

Los objetivos de este trabajo se centraron en el Macrobus y la ocurrencia de eventos de tránsito: la determinación del impacto, la evaluación del comportamiento antes y después, el análisis de la correlación espacial, la influencia de la morfología urbana y la determinación de tramos de riesgo, todos cumplidos a cabalidad desde una visión integradora que tomó como referente conceptual la Teoría General de Sistemas por considerar este marco como el más global para la aproximación a la realidad de este flujo resultante.

Retomando el concepto de paisaje dentro de la aproximación sistémica, se consideró en este caso el sistema Macrobus como un paisaje de alteridad fácilmente identificable y a los eventos de tránsito como el flujo resultante para su consideración. Para este cuadro se construyó un marco dentro del cual se dibujaron los elementos temáticos y disciplinares que han antecedido a esta propuesta de manejo hasta llegar al planteamiento mismo de un modelo conceptual para su aproximación. Queda aún mucho camino por recorrer. Sin embargo se espera que otros trabajos complementen esta propuesta.