

# AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DE LA PRODUCTIVIDAD, FRICCIÓN DE LA DISTANCIA E IMPACTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LOS PROCESOS DE CONVERGENCIA REGIONAL

*Marcos Valdivia*<sup>\*</sup>  
*Héctor Ávila*<sup>\*\*</sup>  
*Carlos Galindo*<sup>\*\*\*</sup>

**Resumen:** Con base en diferentes especificaciones de la fricción de la distancia, en este documento se analiza, para los municipios de la región Centro de México, la autocorrelación espacial de la productividad del trabajo en general, y los procesos de convergencia regional, en particular, para el periodo 1993-2003. Hay que aclarar que en los estudios regionales, la fricción de la distancia se ha incorporado tradicionalmente dentro del marco de los modelos gravitacionales, pero en este trabajo se propone que la fricción de la distancia también puede ser estudiada a través de indicadores estadísticos de asociación espacial, como el índice de Moran. En el ensayo se discute que la forma específica de la función que caracteriza la fricción de la distancia, condiciona los resultados de dependencia espacial económica. Utilizando como ejemplo el caso del estado de Morelos y la Región Centro de México se muestra que la dependencia espacial en la productividad del trabajo emerge con mayor significancia estadística cuando se utiliza la distancia real en carretera entre cabeceras municipales que cuando se consideran distancias lineales entre centroides municipales o bajo criterios de vecindad espacial. En particular en este ensayo se muestra que el proceso de convergencia regional en la región central del país a nivel municipal durante el periodo 1993-2003 está condicionado por efectos espaciales que están asociados a la infraestructura carretera de la región Centro. Estos resultados pueden ser relevantes para los estudios de convergencia regional, al proponer un criterio de interacción espacial que responde de mejor forma a las condiciones territoriales específicas que afectan los determinantes de crecimiento de las economías regionales, como son los costos de transporte y/o las economías de aglomeración.

---

<sup>\*</sup> Investigador Asociado C, Tiempo Completo, Doctor en Economía, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. [marcosv@correo.crim.unam.mx](mailto:marcosv@correo.crim.unam.mx) Tel. 56227850/(777)3291850 ext. 109

<sup>\*\*</sup> Investigador Titular B, Tiempo Completo, Doctor en Geografía, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. [ahector@servidor.unam.mx](mailto:ahector@servidor.unam.mx) Tel. 56227715/(777)3291850 ext. 116

<sup>\*\*\*</sup> Técnico Asociado B, Tiempo Completo, Maestro en Geografía, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. [carlosgp@correo.crim.unam.mx](mailto:carlosgp@correo.crim.unam.mx) Tel. 56227824/(777)3291850 ext. 149

**Palabras clave:** fricción de la distancia, autocorrelación espacial, convergencia espacial, productividad.

## **Introducción**

La tendencia general en los estudios empíricos que incorporan la variable espacial en el análisis del desarrollo regional, es asumir como criterio para construir la estructura de interacción espacial entre las unidades de observación (estados, municipios, localidades) la distancia lineal entre dichas unidades. Esto facilita el cálculo y la modelación de las relaciones espaciales, pero resulta en la abstracción dentro del análisis, de los efectos espaciales asociados a la infraestructura vial o la topografía. Reconocida esta restricción, el objetivo central de este trabajo es ahondar en las posibles repercusiones que implica involucrar la infraestructura vial como dato empírico en el análisis espacial de la productividad del trabajo, y en particular en los procesos de convergencia regional en el centro de México.

Este trabajo se divide en tres secciones; en la primera se analiza el concepto de fricción de la distancia en el marco de los modelos gravitacionales y de indicadores estadísticos de autocorrelación espacial. En la segunda se aplican varios criterios de fricción de la distancia para analizar la productividad del trabajo en el estado de Morelos a nivel municipal. En la tercera, se analizan los municipios que conforman la región Centro del país, y en particular se aplica un modelo convencional de convergencia absoluta, a partir del cual se evalúan los efectos que la infraestructura vial impone sobre la dinámica de convergencia.

## **1. FRICCIÓN DE LA DISTANCIA Y AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DE LA ACTIVIDAD ECONÓMICA**

En la economía neoclásica pura los costos de transporte no son significativos, lo que se traduce en una fricción de la distancia igual a cero. Estas condiciones serían equivalentes en geografía a pensar en un espacio isomorfo (plano, sin irregularidades topográficas). Por supuesto esta visión no friccional ha sido criticada desde muchos años atrás por economistas (Marshall) y por los fundadores de la ciencia regional (Isard, 1960).

Con el advenimiento en años recientes de la economía teórica espacial (i.e. Krugman-Fujita-Venables, 1999) se han multiplicado los estudios empíricos que incorporan la distancia como variable para ajustar los modelos económicos tradicionales que operan bajo principios de racionalidad económica individual (Fingleton-Bazo, 2006). Sin embargo, estos estudios de convergencia espacial tienden, en general a utilizar distancias lineales entre las unidades de observación. Esta práctica se inscribe, por tanto, dentro de una concepción de “espacio euclidiano” lo que significa una abstracción de los efectos espaciales asociados a la infraestructura vial y de la influencia que ejerce el relieve (topografía) en el traslado de mercancías y población.

En este trabajo se recurre al uso del concepto de fricción de la distancia, cuyo fundamento se basa en el siguiente principio: *la distancia asociada a una decisión (ir al cine, al supermercado, etc.) está condicionada por una serie de factores, como el esfuerzo, la energía o el dinero requerido para realizar el trayecto de distancia.*

En términos generales, se considera que la fricción de la distancia exhibe una *distance decay function* (Isard, 1960): es decir, una forma funcional en la que a mayor distancia, mayor esfuerzo-energía-dinero. Desde esta perspectiva, se puede argumentar que la cantidad de interacciones espaciales asociadas a un problema de decisión (ir al cine, al supermercado, etc.) ocurrirán en mayor número sobre distancias cortas y disminuirán conforme la distancia aumenta.

Por el contrario, si no hubiera fricción de la distancia, entonces no se podría establecer asociación alguna entre “interacciones espaciales” y distancia (por ejemplo, entre costos de transporte y distancia). En este sentido, es importante insistir que la teoría económica convencional (de libro texto) tiende a asumir escenarios de decisión, en un marco de competencia perfecta, en los que la fricción de la distancia es prácticamente cero.

### **1.1 Modelo gravitacional**

Es preciso señalar que el concepto de fricción de la distancia tiene su origen en los planteamientos teóricos de la ciencia regional (Isard, 1960). Quizás **el modelo gravitacional** sea la referencia clásica como implementación matemática de la fricción de la distancia antes aludida, para explicar la “interacción espacial” entre comportamientos

humanos (tráfico, migración, etc.). En este modelo se propone que el potencial de interacción ( $P$ ) entre un origen ( $i$ ) y todos los destinos ( $j$ 's) es una función de una masa gravitacional  $z_j$  (ingreso, población, etc.) y una *distance decay function*  $f(d_{ij})$ :

$$P_i = \sum_j f(d_{ij})z_j \quad (1)$$

Una de las funciones de distancia más utilizadas es la inversa:

$$f(d_{ij}) = d_{ij}^{-\gamma} \quad (2)$$

Cuando el parámetro  $\gamma$  toma el valor de uno, ecuación (1) emula un modelo gravitacional newtoniano (i.e. la interacción espacial es inversamente proporcional a la distancia entre  $i$  y  $j$ ). Ecuaciones del tipo (1) pueden ser implementadas empíricamente para evaluar si existe una *distant decay function* en los modelos de interacción espacial (i.e. encontrar un parámetro  $\gamma$  negativo).

Los modelos gravitacionales del tipo (1) han sido criticados porque no consideran apropiadamente la relación entre interacción (o comportamiento de los individuos en función de la distancia) y los efectos del **arreglo espacial** de las masas gravitacionales (Fotheringham, 1981). Esto significa que la presencia de autocorrelación espacial de las masas gravitacionales y/o la accesibilidad de los destinos a cada uno de los otros destinos pueden sesgar los resultados de un modelo como el de la ecuación (1) que no considera explícitamente la estructura espacial de las unidades de observación.

Al respecto, Fotheringham (1982) ha señalado que es importante controlar por los efectos de grupo que pueden tener los destinos debido a que pueden existir **efectos de aglomeración** (si destinos potenciales están agrupados de manera cercana, la probabilidad de ir a estos destinos será mayor si estuvieran agrupados de tal modo que están lejos uno del otro) o **efectos competitivos** (mayor el número de destinos en una región, menor la probabilidad de que un destino sea más probable).

El modelo gravitacional considera simplemente una relación lineal entre origen y regiones de destino y hace caso omiso de los posibles efectos grupales. Una manera de corregir este sesgo es involucrando en el modelo gravitacional (ecuación 1) una nueva variable

que describa la accesibilidad de un destino a cada uno del resto de los destinos (Fotheringham, 1982).

## 1.2 Fricción en la Autocorrelación Espacial

Como es indicado por Anselin (2002), un concepto relacionado a la noción de potencia del modelo gravitacional, es el de una variable explicativa (de un modelo) que está espacialmente determinada por “ella misma”, es decir y de forma matricial:  $WX$ . Esta variable consiste de una suma ponderada de valores de la variable ( $x$ ) en otros destinos ( $j \neq i$ ); para cada observación  $i$ ,

$$Wx_i = \sum_{j \neq i} w_{ij} x_j \quad (3)$$

De esta manera, la cercanía-relevancia entre el lugar ( $i$ ) y lugar ( $j$ ) está reflejada en los pesos asignados ( $w$ 's). El tipo de pesos usados son determinados *a priori*, pero estos bien pueden reflejar una *distance decay function* como el de la expresión (2) que es usado en el modelo clásico gravitacional.

Desde la perspectiva de este trabajo, una manera más apropiada de involucrar la estructura espacial en los modelos que consideran la “fricción de la distancia”, es por medio de utilizar expresiones como la indicada en (3). En este sentido, posibles efectos de aglomeración son recogidos de mejor manera en las “interacciones espaciales”.

En este trabajo, se emplean expresiones del tipo (3) para evaluar el papel que tiene la “fricción de la distancia” en la autocorrelación espacial de la productividad del trabajo en la región Centro. En específico nos basamos en el índice de Moran para realizar los cálculos de autocorrelación espacial. Este índice tiene la siguiente expresión:

$$I = \frac{n}{s} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (4)$$

$$\text{donde } s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$$

La fricción de la distancia, en la medición de la autocorrelación espacial, se refleja en la especificación usada en los pesos ( $w$ 's). En este trabajo se utilizaran las siguientes formulaciones de distancia para realizar el análisis:

$$w_{ij} = \frac{A}{d(i, j)^\gamma} \quad (5)$$

donde  $A$  es una constante que se establece igual a uno y  $\gamma$  es la fricción de la distancia. En este trabajo,  $\gamma$  es 1 de tal forma que podamos emular una fricción de tipo newtoniano. Y la otra formulación es:

$$w_{ij} = \frac{c_{ij}}{c_i} : d(i, j) \leq D \quad (6)$$

donde  $c_i$  indica el número de vecinos de  $i$ ,  $c_{ij}=1$ , y  $D$  es una distancia establecida a priori (en este trabajo se utiliza una  $D$  que garantiza que al menos una observación regional tenga un "vecino"). Note además que en (6),

$$\sum w_{ij} = 1.$$

La expresión 6 constituye una matriz estandarizada de pesos por renglón en donde cada uno de los vecinos de  $i$  tienen el mismo peso en la matriz  $W$ . Asimismo, es trivial transformar los pesos de la expresión (5) de forma estandarizada tal como lo hace la expresión (6).

Para dar una idea de cómo (5) y (6) incorporan la "fricción de la distancia" en la matriz de pesos del índice de Moran, la figura (1) muestra la relación entre los pesos y la distancia bajo la condición de la expresión (5) y la figura (2) muestra dicha relación bajo la condición de distancia de la expresión (6) con una  $D$  menor o igual a 10.

Se destaca en las figuras 1 y 2 como difieren las asignaciones de pesos en los dos modelos. La figura (1) reproduce la relación clásica ("newtoniana") de la fricción de la distancia dentro del modelo gravitacional (la interacción espacial va disminuyendo de manera inversamente proporcional a la distancia), utilizando la expresión (5) y considerando  $\gamma=1$  y  $\gamma=2$ . Mientras que en la figura 2 se observa una fuerte discontinuidad en la función, una vez que se rebasa un "umbral" de distancia que es asignado de forma a priori.

Figura 1

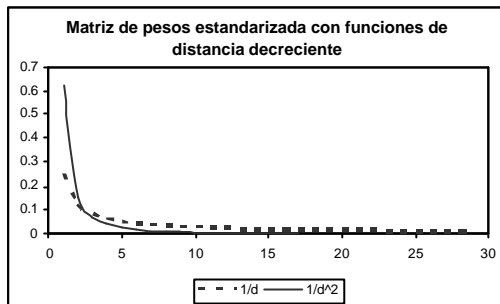
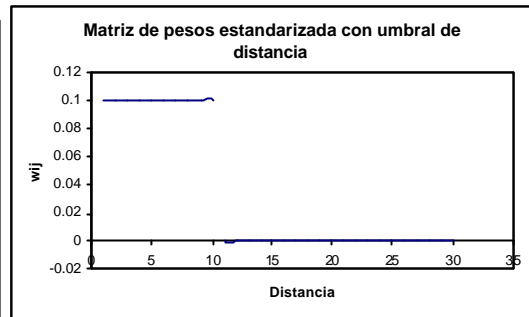


Figura 2



Como veremos en este trabajo, los dos criterios de distancia generan resultados diferentes en la medición de la autocorrelación espacial, lo que da pie a formular la pregunta siguiente: ¿cuál criterio es el más adecuado?

## 2. AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ESTADO DE MORELOS

Como acotación teórico-metodológica y a diferencia de otros trabajos en los que la variable distancia se incorpora bajo criterios euclidianos, en este ejercicio la fricción de la distancia se concibe como la distancia real por carretera entre dos núcleos de población (a la que denominamos “carretera”). Para calcular dicha especificación de la fricción de la distancia se recurrió al uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La labor realizada consistió en utilizar información cartográfica digital para la región Centro: 1) de las cabeceras municipales; y 2) de las carreteras pavimentadas. Con estas coberturas, se procedió a calcular la distancia por carretera entre las 532 cabeceras municipales de la región Centro del país, lo que dio como resultado un matriz de datos de 532 x 532.

Posteriormente, para cada cabecera municipal<sup>1</sup> se identificó a su(s) vecino(s) más cercano(s) por carretera (la distancia mínima en kilómetros). Asimismo, además del dato de distancia por carretera se utilizaron otros tipos de distancias en el análisis: i) distancia lineal entre centroides de los polígonos asociados al municipio; y ii) contigüidad de primer orden (i.e. vecinos contiguos a la unidad de observación).

<sup>1</sup> Se decidió calcular las distancias a partir de las cabeceras municipales, por que se consideran como los centros de gestión administrativa y de decisión política y económica de los municipios.

Para evaluar el impacto de la “fricción de la distancia” en la autocorrelación espacial de la productividad del trabajo a nivel municipal, en esta sección calculamos el índice Moran (4) bajo los criterios de distancia expresados en (5) y (6). En el caso de la expresión (6) utilizamos una  $D$  que garantiza que al menos un municipio tenga un vecino con quien “interactuar”. Además, en las mediciones utilizamos dos formas de calcular la distancia: a) centroide y b) carretera entre cabeceras municipales (tiempo real).

**Cuadro 1. Efectos de la Fricción de la Distancia en la Autocorrelación Espacial de la Productividad en Morelos a nivel Municipal**

	Moran Pt 1993	Z-value	P-value	Moran Pt 2003	Z-value	P-value
Centroide $\psi= 1$	-0.030	0.037		-0.019	0.273	
Centroide $\psi= 2$	-0.029	0.021		-0.002	0.249	
Carretera $\psi= 1$	0.058	1.395		0.040	1.123	
Carretera $\psi= 2$	0.586	2.441		0.256	1.137	
Contigüidad	0.123	1.350	0.090	0.179	1.842	0.030
Mínima Distancia <i>Centroide</i>	0.018		0.300	0.030		0.230
Mínima Distancia <i>Carretera</i>	0.150		0.060	0.176		0.050

Elaboración propia con base en los Censos Económicos del INEGI.

Los resultados a destacar del cuadro 1 son básicamente que: en general los efectos de dependencia espacial son mayores (y estadísticamente significativos) cuando se utiliza la distancia real por carretera. Por ejemplo, se observa que al utilizar la distancia real por carretera bajo ( $\psi= 2$ ) se registra una autocorrelación espacial estadísticamente significativa en la productividad (Moran de 0.586). Asimismo, destaca que la “mínima distancia por carretera” exhibe un Moran estadísticamente significativo en 1993 y en el 2003, en contraste con la mínima distancia por centroide que no presenta autocorrelación espacial significativa para tales años.

### 3. CONVERGENCIA REGIONAL E INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS

En la sección anterior se demostró que para el estado de Morelos, la autocorrelación espacial de la productividad del trabajo es más sensible cuando se utiliza un criterio de distancia que considera la distancia real en carretera entre cabeceras municipales, que cuando se utiliza simplemente la distancia euclidiana entre centroides de los municipios. En esta sección se evaluará el impacto que tiene la fricción de la distancia en el ámbito de



la convergencia de la productividad del trabajo en todos los municipios que conforman la región centro del país (Distrito Federal y las entidades circunvecinas de Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala).

El siguiente cuadro presenta el índice de Moran bajo tres tipos de fricción de la distancia: 1) centroide; 2) carretera; y 3) vecinos contiguos para medir la productividad del trabajo en el periodo 1993-2003 a nivel municipal.<sup>2</sup>

**Cuadro 2: Autocorrelación de la Productividad del Trabajo en la Región Centro**

	<b>Pt 93</b>	<b>P-value</b>	<b>Pt 03</b>	<b>P-value</b>	<b>g93-03</b>	<b>P-value</b>
Contigüidad	0.397	0.000	0.289	0.000	-0.01	0.400
Min Dist Centroide	0.356	0.000	0.259	0.000	0.03	0.070
Mind Dist Carretera	0.321	0.000	0.247	0.000	0.04	0.020

Elaboración propia con base en los Censos Económicos del INEGI.

La lectura del cuadro 2 permite identificar varios resultados interesantes. El primero e independientemente del criterio de fricción de la distancia utilizado, se observa una disminución de la autocorrelación espacial global de la productividad del trabajo para el año del 2003. Asimismo, el criterio de simple contigüidad arroja una mayor autocorrelación espacial que la observada cuando se utiliza un umbral de distancia  $D$  (calculado ya sea por centroide o por carretera) para asignar la estructura vecinal de interacción espacial de la unidad de observación.

Sin embargo, cuando se considera el crecimiento de la productividad en el periodo 93-03 (5 y 6 columna del cuadro 2), sólo el criterio de distancia (centroide y carretera) y no el de contigüidad arroja autocorrelación espacial estadísticamente significativa (véase columna 6 del cuadro). En especial, la distancia por carretera desarrolla mayor significancia estadística en la autocorrelación espacial de la productividad del trabajo (valor  $p$  de 0.02 de que la hipótesis nula de aleatoriedad espacial sea cierta). Estos resultados confirman lo discutido para el caso de Morelos sobre la importancia de involucrar una fricción de la distancia que esté basada en distancias reales por medio de carreteras.

<sup>2</sup> Los criterios de centroide y carretera consideran la mínima distancia ( $D$ ) que garantiza al menos un municipio tenga un vecino. Se utiliza la expresión (6) para construir la matriz de pesos espaciales.

Con el propósito de evaluar si las distancias por carretera efectivamente afectan espacialmente los procesos de convergencia regional en la región centro, analizamos a continuación la autocorrelación espacial de los errores de la regresión de un modelo convencional de convergencia del tipo:

$$\ln\left(\frac{x_t}{x_{t-1}}\right) = a + b \ln x_{t-1} + e \quad (7)$$

donde el vector  $x$  denota la productividad del trabajo para todos los municipios de la región centro en un determinado año y  $\varepsilon$  es un vector de errores. Como es conocido en la literatura, esta ecuación puede ser interpretada como una implementación lineal del modelo neoclásico de crecimiento para evaluar la hipótesis de convergencia absoluta (Sala-I-Martin, 1996). El cuadro 3 muestra los resultados para el periodo 1993-2003.

**Cuadro 3: Fricción de la Distancia y Dependencia Espacial de la Convergencia en la Región Centro**

Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probability
Constante	0.588	0.077	7.616	0.000
LNPC93	-0.264	0.030	-8.701	0.000
R2 ajustada	0.129			
		valor	p value	
Breusch-Pagan		20.964	0.000	
Koenker-Bassett		6.015	0.014	
	Moran de los errores		p value	
Contigüidad	-0.009		0.830	
Centroides	0.020		0.220	
Carretera	0.040		0.034	

Elaboración propia con base en los Censos Económicos del INEGI.

Varios elementos deben ser destacados del cuadro 3. Primero, la implementación econométrica de (7) sugiere que hay evidencia de convergencia absoluta en la productividad del trabajo a nivel municipal para el periodo 1993-2003; es decir, los municipios “más pobres” en 1993, están creciendo a tasas más aceleradas que los

municipios “más ricos” en 1993. Sin embargo, el elemento que se desea destacar, es en relación a que este proceso de convergencia puede estar condicionado por la fricción de la distancia y en específico, por el papel que la infraestructura de carreteras de la región Centro puede estar asumiendo en la dinámica productiva.

Es notorio que los errores de la regresión no presentan autocorrelación espacial cuando son analizados bajo el criterio de vecindad o de distancia lineal entre centroides; es decir, no hay evidencia de mala especificación del modelo de convergencia debida a posibles efectos espaciales cuando se analizan éstos por medio de líneas rectas entre centroides o por un criterio de vecindad municipal.<sup>3</sup> Sin embargo, se observa que hay evidencia de dependencia espacial de los errores cuando se considera la distancia real en carretera entre cabeceras municipales.<sup>4</sup> De esta manera, se muestra por medio de este ejercicio que una vez que se considera una *fricción de la distancia* que se aproxima más a la realidad (en este caso a través de la infraestructura carretera), la dependencia espacial adquiere mayor relevancia en el proceso de convergencia regional en la región Centro del país durante el periodo 1993-2003.<sup>5</sup>

Para dar una idea de que estos resultados tienen un significado concreto y están relacionados con la geografía y la infraestructura vial de la región Centro del país, se presentan los siguientes mapas (1), (2) y (3) que muestran las desviaciones estándar de un índice de autocorrelación espacial local.

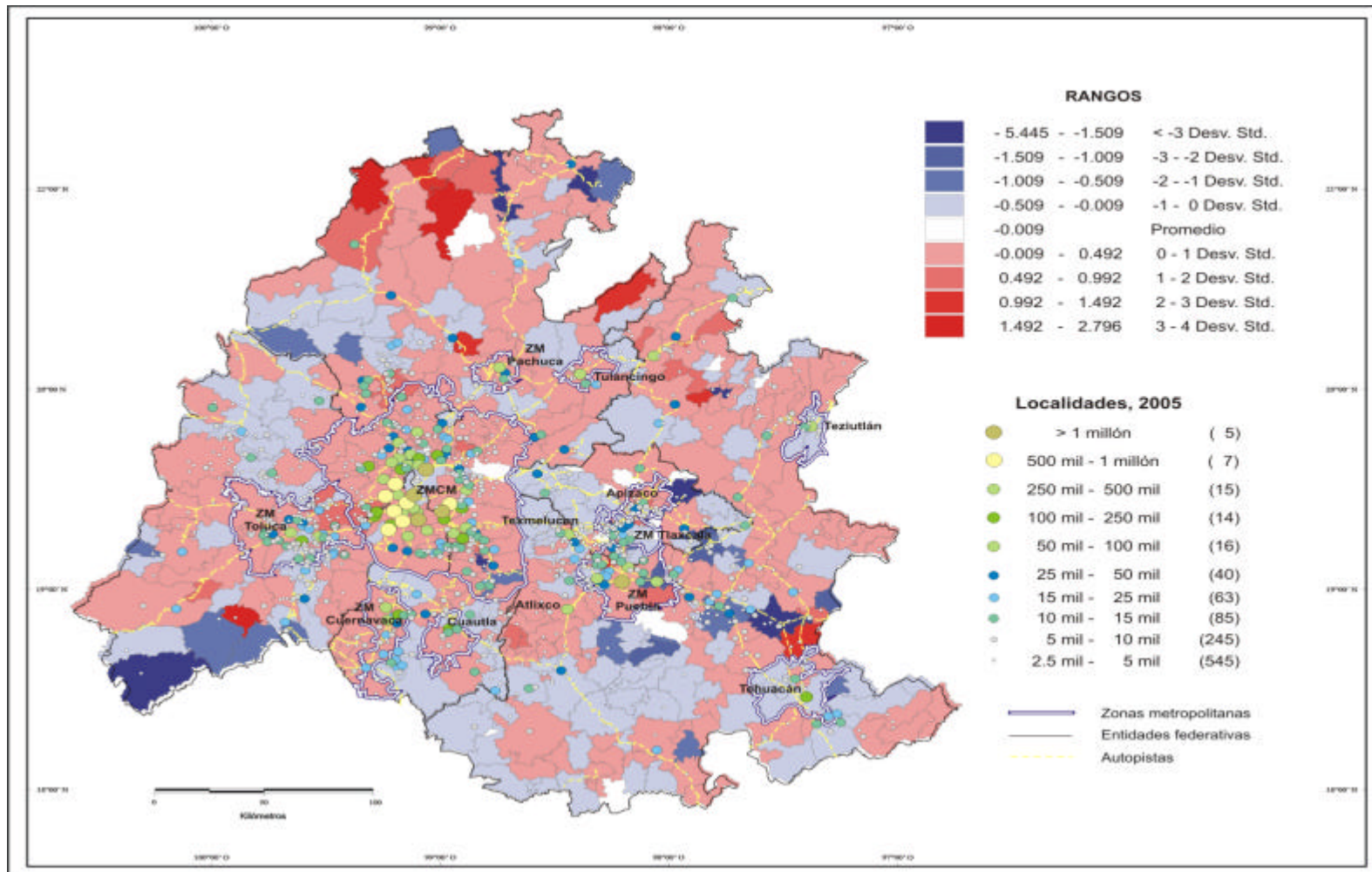
---

<sup>3</sup> Aunque el modelo presenta, como lo indica el cuadro 3, problemas de heterocedasticidad que deben ser atendidos en su momento (véase las pruebas Breusch-Pagan y Koenker-Basset).

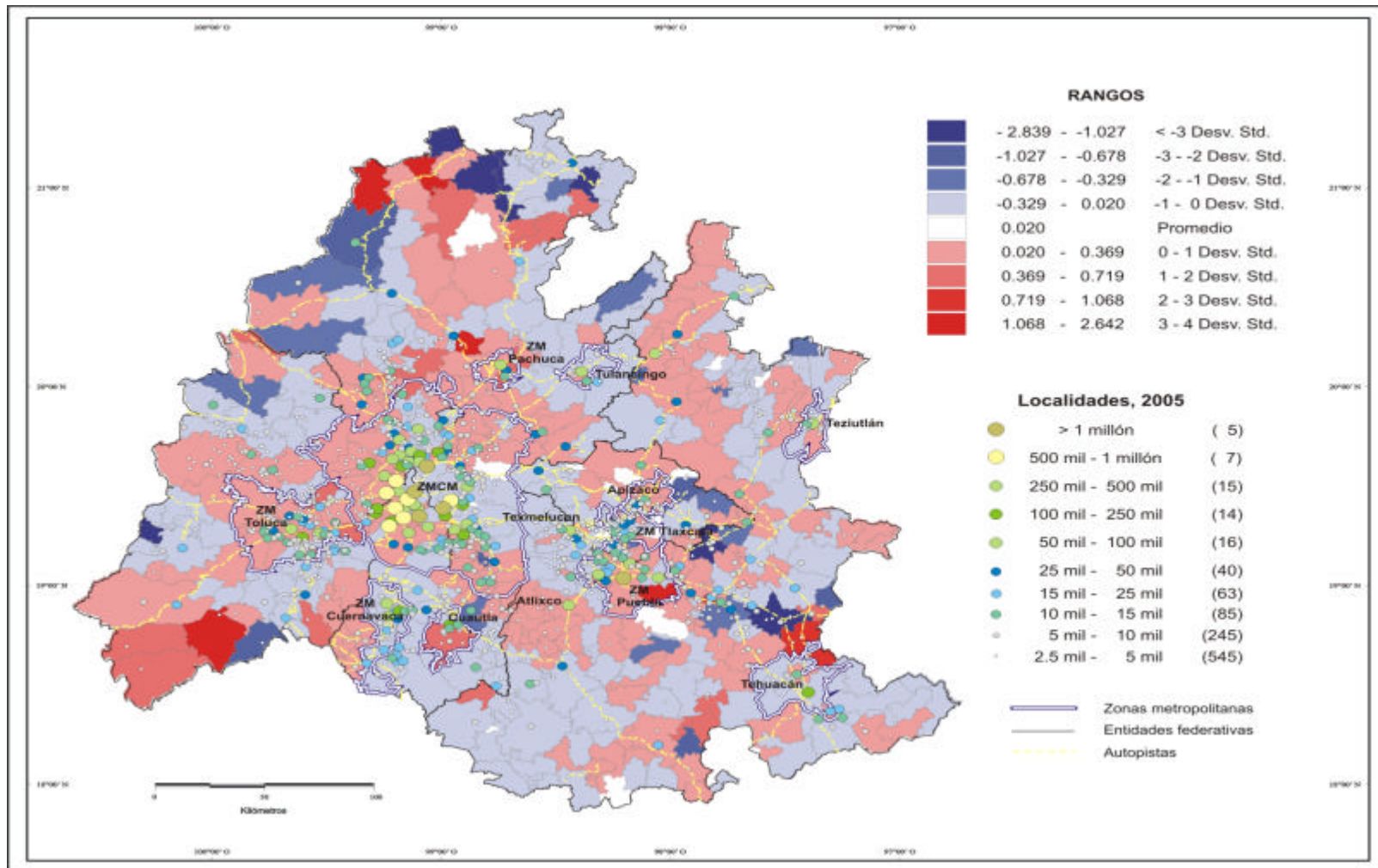
<sup>4</sup> Recuerde el lector que la matriz de interacción espacial por carretera fue construida de tal forma que se consideró como umbral de interacción espacial la mínima distancia por carretera entre una cabecera municipal y otra tal que garantizara que al menos un municipio tuviera un “vecino”.

<sup>5</sup> Pruebas espaciales que no son presentadas en el texto indican que el modelo espacial de convergencia alternativo a OLS es un modelo de error espacial.

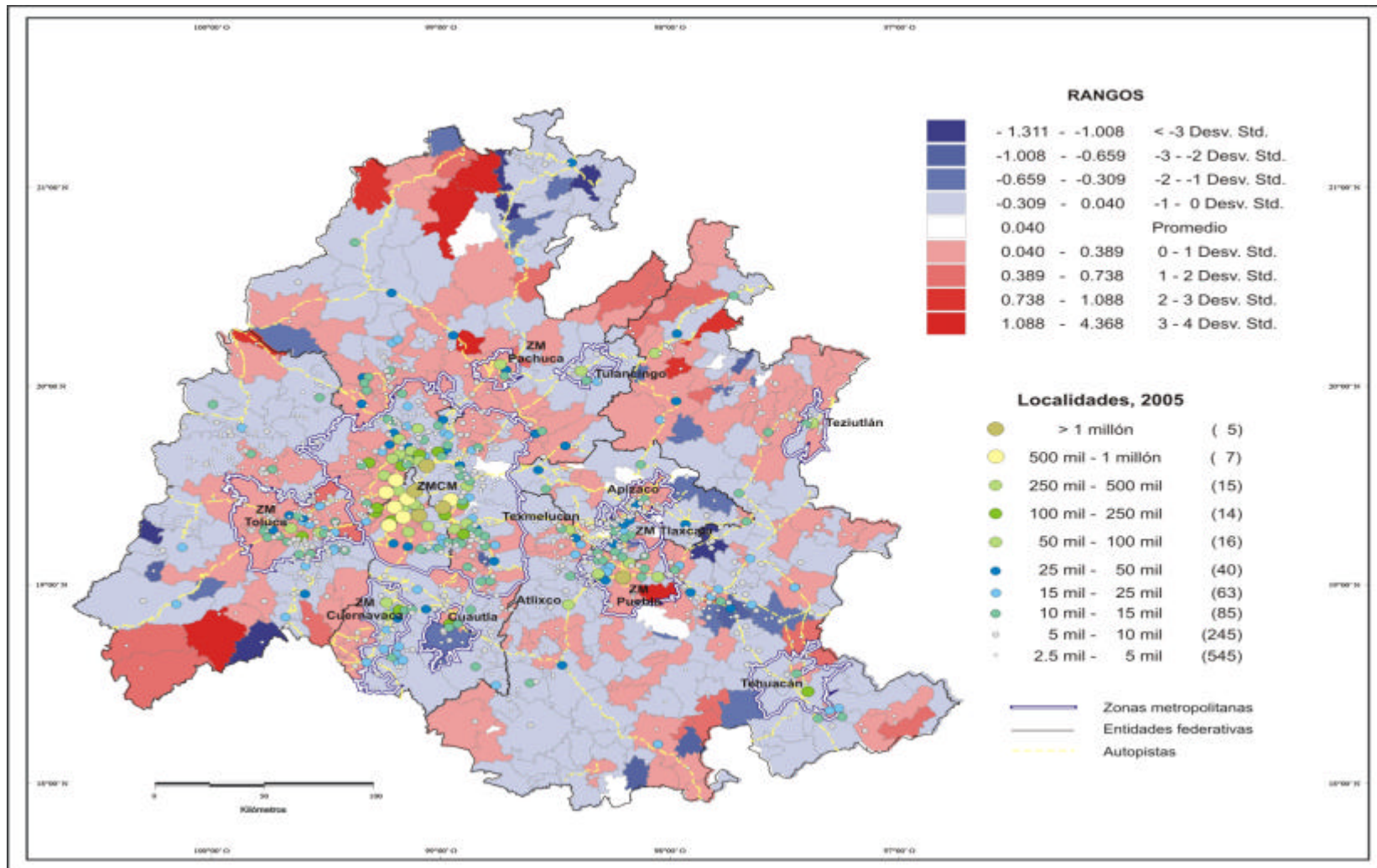
**Mapa 1) Autocorrelación espacial del crecimiento de la productividad del trabajo 1993-2003 considerando una fricción de la distancia con base en contigüidad.**



**Mapa 2) Autocorrelacion espacial del crecimiento de la productividad del trabajo 1993-2003 considerando una fricción de la distancia con base en distancia lineal entre centroides municipales**



**Mapa 3) Autocorrelacion espacial del crecimiento de la productividad del trabajo 1993-2003 considerando una fricción de la distancia con base en distancia por carretera entre cabeceras municipales**



La gradación de colores en la simbología de los mapas indica la desviación estándar de un índice que alude a la autocorrelación espacial local del crecimiento de la productividad del trabajo durante el periodo 1993-2003.<sup>6</sup> Gradación en azul significa desviaciones estándar “negativas” respecto a la media y gradación en rojo significa desviaciones estándar “positivas” respecto a la media. En este sentido, sugerimos leer los mapas de la siguiente forma: los municipios en rojo forman aglomeraciones espaciales que presentaron el mayor dinamismo económico durante el periodo 1993-2003, mientras que los municipios en azul forman aglomeraciones espaciales que presentaron el menor dinamismo económico en la región del Centro del país durante el mismo periodo.

Se observa que la formación de aglomeraciones (azules y rojas) difiere entre los mapas, esto señala que el tipo de “fricción de la distancia” utilizado afecta la clasificación regional. El resultado central de la comparación es que el criterio de contigüidad (mapa 1) exagera las regiones dinámicas de la región Centro mientras que el criterio de carretera (mapa 3) acota territorialmente las regiones dinámicas. En particular destaca como el mapa (1) incluye en zonas dinámicas a regiones en donde no existen autopistas ni localidades mayores de 100,000 hab.

Por su parte y como se representa en el mapa (3), la identificación de regiones dinámicas guarda una relación estrecha con la estructura vial y el tamaño de las localidades. En particular sobresale en el mapa 3 la relevancia de la zona occidente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, el corredor Puebla-Tlaxcala-Apizaco y el Valle de Toluca (por citar casos más sobresalientes).

---

<sup>6</sup> Para el cálculo del índice se aplicó un Moran local bajo los criterios delineados en Anselin (1995). La matriz de interacción espacial responde a la “fricción de la distancia” respectiva a cada mapa.

## CONCLUSIONES

En este ensayo se discutió un concepto que tiene una fuerte tradición en los estudios regionales: *la fricción de la distancia*. Se ha asumido en este escrito que por fricción de la distancia se entiende la emergencia de la interacción espacial en un problema de decisión individual, ante la imposibilidad de evitar los costos asociados a la distancia física. Esta concepción por tanto asume una relación funcional inversa entre distancia e interacciones espaciales, es decir, a menor distancia, mayores las interacciones espaciales. El significado teórico de las “interacciones espaciales” es materia de debate, sin embargo estas interacciones están ineludiblemente asociadas a costos de transporte, efectos de aglomeración, externalidades tecnológicas, etc.

En la presente investigación se utilizó la medición estadística de autocorrelación espacial para evaluar el papel que juega la fricción de la distancia en la evaluación de las dinámicas económicas regionales. En concreto se identificó que la fricción de la distancia asociada a la infraestructura de carreteras condicionó espacialmente el proceso de convergencia regional en la región Centro del país a nivel municipal durante 1993-2003.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anselin, Luc. (2002) “Under the Hood. Issues in the Specification and Interpretation of Spatial Regression Models.” *Agricultural Economics* 27: 247-267.
- Fingleton, B. y López-Bazo, E. (2006): “Empirical growth models with spatial effects”, *Papers in Regional Science*, vol. 85, num. 2.
- Fotheringham, A. Stewart (1981), “Spatial Structure and Distance Decay Parameters”, *Annals of Association of American Geographers*, 71:3
- Fotheringham, A. Stewart (1982), “Distance-Decay Parameters: a reply”, *Annals of Association of American Geographers*, 72:4
- Isard, Wallter (1960), *Methods of Regional Analysis an Introduction to Regional Science*, MIT press.