Investigaciones Geográficas • Instituto de Geografía • UNAM
eISSN: 2448-7279 • DOI: dx.doi.org/10.14350/rig.60021 • ARTÍCULOS
Núm. 100 • Diciembre • 2019 • e60021
www.investigacionesgeograficas.unam.mx

Efecto de la violencia criminal en la productividad laboral de México: análisis de un modelo de regresión espacial de datos panel[1]

The Effect of Drug-Related Violence on Labor Productivity in Mexico: A Spatial Panel Data Analysis

David Saucedo De La Fuente y Brian J. L. Berry

Recibido: 27/02/2019. Aprobado: 14/07/2019. Publicado en línea: 01/12/2019.

Resumen. Nuestro objetivo es analizar los determinantes de la productividad laboral en México a nivel estatal durante el período 2003-2016 usando datos anuales. Se utilizó la técnica GMM (*Método Generalizado de Momentos*) para estimar un modelo de regresión espacial de datos panel. La especificación del modelo incluye una matriz espacial (W), el rezago espacial de la variable dependiente (ρ), el rezago espacial de la variable violencia (θ), el rezago espacial de los residuales (λ), y el uso de variables instrumentales para reducir la endogeneidad de la variable violencia. Los resultados indican que la violencia relacionada con el narcotráfico (extorsión, homicidio, secuestro) produce un efecto negativo en la productividad laboral. Asimismo, la violencia que se propaga en estados contiguos reduce la producción por trabajador en un estado particular. La inversión pública tiene un efecto positivo y significativo en la productividad laboral, mientras que la crisis financiera durante el período 2008-2009 produce un efecto negativo.

Palabras clave: México, guerra contra las drogas, productividad laboral, violencia, autocorrelación espacial, estadístico Moran I Bivariado, inversión pública, densidad de empleo

Abstract. This study examines the determinants of labor productivity for Mexico at the state level over the period 2003-2016 using annual data. The GMM technique is used to estimate a spatial panel data model that includes a spatial weight matrix (W), the spatial lag of the dependent variable (ρ), the spatially weighted average of lagged drug-related violence rate (θ), the spatial lag of the error term (λ), and adds instrumental variables to control for the endogeneity of drug-related violence. Our results indicate that drug-related violence exerts a negative and significant impact on labor productivity. Similarly, there is evidence of the negative spillover effects of drug-related crimes on regional GDP per worker. Public investment per capita has a highly significant effect on labor productivity while the impact of the 2008-2009 financial crisis was negative.

Keywords: Mexico, War on Drugs, labor productivity, drug-related violence, spatial autocorrelation, Bivariate Moran's I, public investment, employment density

[1] Traducción al español de María Helena Sánchez Salazar.

* Ph.D. Candidate in Public Policy and Political Economy and M.Sc. in Geospatial Information Sciences at The University of Texas at Dallas, Richardson, TX. 972-883-4955. Email: dsaucedof@utdallas.edu. Autor de correspondencia.
** Lloyd Viel Berkner Regental Professor at The University of Texas at Dallas, Richardson, TX. 972-569-7173. Email: brian.berry@utdallas.edu

INTRODUCCIÓN

¿Cuál es el efecto de la violencia sobre la economía de México? ¿Tiene la violencia derivada de la guerra contra las drogas un efecto negativo en los determinantes del crecimiento económico, por ejemplo, la productividad laboral? La literatura académica de las causas, los efectos, y el incremento de la violencia relacionada con la guerra contra las drogas en México ha mostrado un aumento significativo en los últimos años (Pan, Widner y Enomoto, 2012; Ashby y Ramos, 2013; Enamorado, López-Calva y Rodríguez-Castelán, 2014; Dell, 2015; Shrik y Wallman, 2015; Osorio, 2015; Torres-Preciado, Polanco-Gaytán y Tinoco-Zermeño, 2015; Balmori de la Miyar, 2016; Cabral, Mollick y Saucedo, 2016; y Bel y Holst, 2018). Sin embargo, mientras una buena parte de la literatura reciente ha abordado los efectos de los delitos relacionados con el narcotráfico en la actividad económica en su conjunto, se le ha prestado poca atención a los determinantes del crecimiento económico, los efectos espaciales indirectos o *spillover effects* del crimen, así como el comportamiento de ambos a través de la heterogeneidad territorial. Estas cuestiones constituyen el tema central de este trabajo, en el cual estimamos una regresión espacial de datos panel para los 32 estados de México durante el período 2003-2016, enfocándonos principalmente en los efectos de la violencia sobre la productividad laboral como tema central.

La regresión espacial de datos panel se caracteriza por su doble dimensionalidad, la cual permite la interacción espacio-tiempo de los datos (Elhorst, 2010; Millo y Piras, 2012) e involucra una combinación de series de tiempo para cada ubicación o unidad geográfica que a su vez incluye premisas sobre la heterogeneidad espacial para cada período. Dado que los parámetros de estimación no son homogéneos ni estacionarios en nuestra base de datos, sino que varían a través del espacio (Anselin *et al*. 2008), la dependencia entre las observaciones puede abordarse incluyendo el rezago espacial de la variable dependiente, variables explicativas y/o el término de error. Los datos panel agregan un mayor grado de variación y disminuyen la colinealidad entre las variables, aumentando tanto los grados de libertad como la eficiencia de las estimaciones de regresión (Elhorst, 2010). Berry, Griffith y Tiefelsdorf (2007) sugieren que los modelos globales que suponen una estructura funcional común no son adecuados para abordar la heterogeneidad espacial y, en consecuencia, no pueden utilizarse para caracterizar correctamente un proceso de generación de datos espaciales. Además, la mayoría de las publicaciones sobre el efecto de la violencia criminal en el crecimiento económico ignora no solo la presencia de autocorrelación espacial en el conjunto de los datos, sino también la especificación de otras variables explicativas endógenas y del proceso del error espacial. Para superar estas limitaciones, en este estudio se estima un modelo de regresión espacial mediante el Método Generalizado de Momentos (GMM, por sus siglas en inglés), el cual permite la dependencia espacial no solo en las variables dependientes y explicativas a través del período de estudio, sino también en el proceso de la endogeneidad de la variable dependiente rezagada espacialmente y otras posibles variables explicativas endógenas (Fingleton y Le Gallo, 2008; Bouayad-Agha y Védrine, 2010; Miao, Khanna y Huang, 2015). La estimación mediante GMM es más flexible que la estimación basada en el método de Máxima Verosimilitud (ML, por sus siglas en inglés) dado que relaja la premisa de normalidad de los errores en el tiempo y puede generar estimadores consistentes (Croissant y Milo, 2019).

ESPECIFICACIÓN DEL MODELO

En su forma general, la ecuación 1 incluye la especificación del modelo de regresión espacial utilizando datos panel:

$$Y_{it} = \rho W_{ij} Y_{it} + \sum_{k=1}^{K} X_{it}\,\beta + \sum_{k=1}^{K} W_{ij}\,X_{it}\theta + u_{it} \quad (1)$$

Cabe señalar que $u_{it} = \lambda W_{ij} u_{it} + \varepsilon_{it}$. Esta ecuación especifica un modelo autoregresivo espacial para datos panel balanceados de primer orden tanto de la variable dependiente como del término error (SARAR). *Y* es un vector de observaciones ($n \times 1$) de la variable dependiente (productividad del trabajo); *X* es una matriz de observaciones ($n \times k$)

de *k* variables exógenas y con el vector ($k \times 1$) de β parámetros correspondiente. *W* es una matriz de ponderación espacial positiva ($n \times n$), constante a lo largo del tiempo, y que se usa para describir la conectividad entre las regiones, así como para especificar la estructura de dependencia espacial (Dall'erba 2005 y LeSage y Fischer, 2008). Consideramos una *W* estandarizada por filas de manera que la suma de todos los elementos en cada fila sea igual a uno. Existen diferentes maneras de especificar *W*. Para este estudio, hemos considerado las especificaciones de contigüidad[2] y distancia inversa. El término *u* es un efecto específico espacial, λ es el parámetro de error espacial autorregresivo y ε es un vector ($n \times 1$) de perturbaciones distribuidas de manera independiente e idéntica con media cero y σ^2 constante, así como independientes de la matriz de regresión *X*; *i* es un índice para las unidades espaciales (estados) donde $i = 1,...,N$, y *t* es un índice para períodos de tiempo donde $t = 1,\ldots,N$. De acuerdo con Dall'erba (2005), Decker *et al.* (2009), Doyle y Martinez-Zarzoso (2011) y Cabral *et al.* (2016), la ecuación (2) usa una función de producción log-lineal Cobb-Douglas $Y_{it} = A^{\gamma} K_{it}^{\alpha} L_{it}^{\beta}$ como referencia.

Los términos en la ecuación (1) se establecieron de la siguiente manera:

$$\ln\left(\frac{GDP_{it}}{Workforce_{it}}\right) = \alpha_i + \rho W_{ij} \ln\left(\frac{GDP_{it}}{Workforce_{it}}\right) + \beta_1 \ln Wages_{it-1} + \beta_2 \ln DRV_{it-1} + \theta_1 \ln W_{ij} DRV_{it-1} + \beta_3 \ln K_{it-1} + \beta_4 \ln HumanCapital_{it-1} + \beta_5 \ln AltUnemp_{it-1} + \beta_6 \ln Agglomeration_{it-1} + \beta_7 \ln Border_{it-1} + \beta_8 \ln Patents_{it-1} + \beta_9 \ln ManuLQ_{it-1} + \beta_{10} FinancialCrisis_{it} + u_{it} \quad (2)$$

La Tabla A1 del Apéndice 1 incluye los signos esperados, las diversas fuentes de los datos, y una descripción breve de cada variable. La ecuación (2) considera las características regionales que explican los cambios en la productividad laboral. Brevemente, la variable dependiente representa la productividad laboral o el PIB por trabajador empleado en el estado *i*. *Salarios* se refiere al

[2] De acuerdo con la literatura, en econometría espacial la matriz de conectividad que considera el criterio de contigüidad incluye las especificaciones *queen* (W_q) y *rook* (W_r). Dicha conectividad puede asemejarse a un tablero de ajedrez en el que la torre o W_r realiza movimientos en las cuatro direcciones cardinales mientras que la reina o W_q realiza movimientos en ocho direcciones.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas y parámetros de diagnóstico de colinealidad múltiple.

Variables de regresión	Media	DE	Máx.	Mín.	FIV
Productividad laboral	31,227	29,035	233,866	11,929	-
Salarios	225.6	32.3	337.4	159.4	2.81
Capital humano	0.2981	0.0643	0.5228	0.1682	2.08
Aglomeración	135.35	517.30	3,127.45	2.84	2.15
Tasa de patentes	0.9810	1.5592	10.5889	0.0002	1.71
Inversión pública	945.90	718.77	6,868.24	54.95	1.25
Violencia	11.70	12.24	99.31	0.0005	1.48
Desempleo alternativo	6.51	346.71	1,062.204	-1,214.15	1.42
Efectos fronterizos (ln)	17.68	1.31	22.43	15.60	2.59
Cociente de ubicación de sector secundario	0.9673	0.2229	1.4464	0.1239	1.78
Crisis financiera	0.1538	0.3612	1.0	0.0	1.10
Gasto del gobierno en seguridad pública	7.09	3.45	22.9	1.74	2.12
Incautaciones de marihuana	51,593.1	105,581.3	692,695.8	0.0	1.78
Incautaciones de cocaína	3,562.9	31,086.76	543,478.6	0.0	1.10
Incautaciones de armas	494.2	1,072.46	11,248	0.0	1.21

Fuente: Cálculo de los autores utilizando R.

promedio de los salarios diarios reales reportados al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). *Violencia* se refiere a la violencia relacionada con el narcotráfico, incluyendo el total combinado de extorsión, secuestro y homicidio con arma de fuego por cada 100,000 habitantes. *K* es la inversión pública en infraestructura física y prestación de servicios. *CapHumano* considera el porcentaje de trabajadores con al menos la educación preparatoria terminada. Tomando en cuenta los trabajos de Gallaway, Gilbert y Smith, (1967) y Rappaport (2005), *DesempAlt* pretende capturar el efecto de la movilidad laboral mediante el cálculo de la diferencia en la tasa de desempleo en el estado *i* y la distancia media ponderada de las tasas de desempleo en el resto del país, excepto para el estado *i≠j*. *Aglomeración* identifica la densidad de empleo considerando el número de personas empleadas dividida por la extensión territorial del estado en km^2. La variable *Effronterizos* considera los efectos de la proximidad geográfica a los Estados Unidos mediante el cálculo del PIB ponderado por la distancia entre el estado *i* y el punto de ingreso a los EE.UU. más cercano. En coincidencia con Acs *et al*. (2002), Buesa *et al*. (2010) y Wang *et al*. (2016), la variable *Patentes* pretende captar los efectos regionales de la innovación sobre el PIB por trabajador, teniendo en cuenta el número de patentes por cada 100,000 habitantes. *ManuLQ* captura los efectos de aglomeración mediante el cociente de ubicación de empleo para el sector secundario. *CrisisFinanc* es una variable "*dummy*" que refleja el efecto de la crisis financiera durante el periodo 2008-2009. En la especificación de las variables *DesempAlt* y *Effronterizos*, calculamos las distancias usando la distancia ortodrómica o gran distancia del círculo. A fin de eliminar o reducir la simultaneidad entre el lado derecho de la ecuación (2) y la variable dependiente, usamos variables explicativas con rezago de un periodo. La Tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas y el estadístico de factor de inflación de varianza (FIV).

La ecuación (2) asume una correlación de cero entre las tasas de crímenes violentos y el término de error. Sin embargo, Enamorado *et al*. (2014) y Osorio (2015) reportaron evidencias empíricas que sugieren que la intensificación y la diseminación de la violencia relacionadas con el narcotráfico en México son parte del resultado del aumento de la intervención de la fuerza pública que, a su vez, llevó a un incremento en la violencia y la inestabilidad entre las organizaciones delictivas. Enamorado *et al.* (2014) sugieren que la captura de los líderes de las organizaciones de narcotraficantes y los operativos militares podrían haber contribuido conjuntamente a crear condiciones de inestabilidad en el seno de los grupos delictivos. Osorio (2015) encontró que el aumento de acciones de la fuerza pública (por ejemplo, detenciones, incautación de activos, incautaciones de drogas y confiscación de armas) contribuye a explicar el aumento de la violencia entre las organizaciones criminales. Por otro lado, Sharkey y Torrats-Espinosa (2017) utilizaron recursos otorgados por organismos del poder judicial como variables instrumento para examinar los cambios en las tasas de crímenes violentos (homicidios, agresiones graves y robos) y su impacto en la movilidad económica en 1355 condados de EE.UU. Asimismo, Werb *et al*. (2011) realizaron una revisión sistemática de la literatura para estudiar los resultados del combate al narcotráfico (por ejemplo, porcentaje de arrestos relacionados con el narcotráfico del total de arrestos, detenciones con incautación de drogas y gastos asociados a las fuerzas públicas) así como la violencia derivada de la estrategia de combate al narcotráfico (por ejemplo, delitos violentos y tasas de homicidio, principalmente). Su análisis indica que el aumento del combate al narcotráfico produce una escalada de la violencia con armas de fuego y un aumento de las tasas de homicidio (Werb *et al*. 2011).

Al examinar los factores determinantes de la productividad laboral del estado, la omisión de la correlación entre las variables explicativas que fluctúan a través del tiempo –por ejemplo, la violencia relacionada con el narcotráfico– y las variables omitidas puede producir estimadores sesgados (Fingleton y Le Gallo, 2008; Sharkey y Torrats-Espinosa, 2017; Croissant y Millo, 2019). Para evaluar la relación entre el combate al crimen organizado y los cambios en la violencia criminal derivada de dicha estrategia, se calculó el estadístico Moran I Bivariado para realizar un seguimiento de los cambios en dicha relación a niveles espacial

y temporal. Mediante la generación de 10 000 permutaciones aleatorias y utilizando el criterio de contigüidad para representar la estructura espacial de los datos, la Tabla 2 muestra los resultados en términos del estadístico Moran I Bivariado, los cuales indican que las incautaciones de marihuana y armas están correlacionadas positivamente con delitos relacionados con el narcotráfico en estados vecinos. La relación entre la violencia relacionada con el narcotráfico y las incautaciones de marihuana muestra un incremento de 0.38 en 2008 a 0.43 en 2011, incluyendo un aumento significativo entre 2010 y 2011, periodo en que la guerra contra las drogas llegó a niveles máximos en México. Con base en los resultados del estadístico Moran I Bivariado se realizó una revisión de la literatura considerando una técnica de regresión espacial con el método GMM que permite tanto la dependencia espacial tanto de la variable dependiente (ρ) como del término de error (λ), así como la inclusión de variables instrumentales (IV) para controlar la endogeneidad de la violencia relacionada con el narcotráfico. Las variables instrumentales incluyen el gasto del gobierno en seguridad pública, incautaciones de drogas (especialmente marihuana y cocaína) y de armas. De manera similar a las variables explicativas, las variables instrumentales también incluyeron un rezago de un período. Este análisis se realizó a través del comando *spgm* del paquete *splm* en R. Así, nuestro enfoque es similar al análisis de Decker *et al*. (2009), Pan *et al*. (2012), Cabral *et al*. (2016), Torres-Preciado *et al*. (2017) y Bel y Holst (2018), sin embargo, utilizamos variables instrumentales y los rezagos espaciales de la productividad laboral (ρ), los delitos relacionados con el narcotráfico (θ) y el término de error (λ).

Tabla 2. Índice Moran I Bivariado entre el combate al narcotráfico (incautaciones de marihuana, cocaína y armas) y la violencia relacionada con el narcotráfico de 2008 a 2015.

Año	Incautaciones de marihuana	Incautaciones de cocaína	Incautaciones de armas
2008	0.3776 ***	0.0404	0.1519 *
2009	0.3863 ***	0.0069	0.0926
2010	0.4825 ***	-0.0474	0.2139 **
2011	0.4282 ***	0.0403	0.2467 **
2012	0.2642 ***	-0.0161	0.1261 *
2013	0.1522 *	-0.0739	0.0174
2014	0.1309 *	0.0891	0.0540
2015	0.1221 *	-0.0402	0.0300

Nota: : ***,**,* Estadísticamente significativo al 1%, 5% y 10%. El estadístico Moran I Bivariado se calcula en GeoDa con 10,000 permutaciones aleatorias y una matriz espacial de contigüidad (W_q).

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las principales variables en este estudio son la violencia relacionada con el narcotráfico y la productividad laboral. En un paso previo se consideró si están autocorrelacionadas espacialmente, "*la tendencia a que los valores cercanos en un mapa sean dependientes*" (Griffith y Arabia, 2010: p. 417). Dos de los índices de autocorrelación espacial más utilizados son el estadístico Moran I y el estadístico C de Geary. La Tabla 3 calcula dichos estadísticos para las entidades federativas de México durante el periodo 2003 hasta 2016. Se observa una agrupación espacial evidente. Sin embargo, los indicadores globales de autocorrelación espacial no tienen la capacidad de evaluar patrones regionales de autocorrelación espacial. Entonces, se requieren Indicadores Locales de Autocorrelación Espacial (LISA, por sus siglas en inglés). Las Figuras 1 y 2 consideran mapas del estadístico Moran I de la violencia relacionada con el narcotráfico y la productividad laboral. Dichas figuras combinan indicadores globales y locales mediante la visualización de mapas de cuantiles a la izquierda y diagramas de dispersión del estadístico Moran I a la derecha, respectivamente. La Figura 1 muestra que a pesar del aumento de la violencia relacionada con el narcotráfico después de 2007, su expansión a través de las entidades federativas en México fue heterogénea: las tasas altas de violencia se agruparon inicialmente en los estados de la frontera norte, específicamente en la región conocida como Triángulo Dorado, que incluye los estados de Chihuahua, Durango y Sinaloa, además del estado de Sonora; después de 2010, se extendió a estados no fronterizos, especialmente los estados situados a lo largo de la costa del Pacífico (Baja California Sur, Guerrero, Michoacán, Morelos, Quintana

Tabla 3. Indicadores globales de autocorrelación espacial.

Año	Violencia		Productividad laboral	
	Estadístico Moran I global	Estadístico C de Geary	Estadístico Moran I global	Estadístico C de Geary
2003	0.1541*	0.7456**	0.0366	1.0608
	(0.0661)	(0.0421)	(0.1539)	(0.6817)
2004	0.2282**	0.6940**	0.0388*	1.0731
	(0.0225)	(0.0159)	(0.1003)	(0.7116)
2005	0.2377**	0.6838***	0.0290	1.0804
	(0.0232)	(0.009)	(0.1437)	(0.7168)
2006	0.0935	0.77*	0.0298	1.0828
	(0.1428)	(0.0567)	(0.1133)	(0.7167)
2007	0.1236*	0.8155*	0.0300	1.0819
	(0.1001)	(0.0917)	(0.1132)	(0.7215)
2008	0.1629*	0.8125*	0.0414*	1.0697
	(0.0537)	(0.097)	(0.0877)	(0.7094)
2009	0.2246**	0.7525*	0.0626*	1.0292
	(0.0201)	(0.0505)	(0.0944)	(0.6262)
2010	0.3063***	0.6772*	0.0621*	1.0317
	(0.008)	(0.0164)	(0.0929)	(0.6445)
2011	0.2557**	0.7117**	0.0597*	1.0424
	(0.0153)	(0.0252)	(0.0757)	(0.6649)
2012	0.2036**	0.7246**	0.0798*	1.0138
	(0.0382)	(0.0273)	(0.067)	(0.593)
2013	0.1835**	0.7534**	0.0645*	1.0246
	(0.0428)	(0.046)	(0.0915)	(0.6296)
2014	0.1166	0.8202*	0.0687*	1.0122
	(0.1126)	(0.0997)	(0.0983)	(0.603)
2015	0.1136	0.8174	0.0814	0.9265
	(0.1032)	(0.117)	(0.14)	(0.3335)
2016	0.1371*	0.6894**	0.0635	0.9178
	(0.0758)	(0.0194)	(0.1804)	(0.2915)

Nota: ***,**,* Estadísticamente significativo al 1%, 5% y 10%. Los estadísticos Moran I Global y C de Geary se calculan en R con 10,000 permutaciones aleatorias y el criterio de contigüidad (W_q).

Roo y Veracruz). Estos resultados coinciden con los reportes de Enamorado *et al*. (2014) y Osorio (2015), quienes sugieren que la estrategia del gobierno mexicano para combatir la delincuencia organizada después de 2006 podría haber sido un factor que contribuyó a propagar la violencia a través del territorio mexicano.

¿Qué sucedió con la productividad laboral durante el mismo lapso de tiempo? La Figura 2 muestra que la productividad laboral también se agrupa en el espacio geográfico. Se observó una presencia débil, aunque estadísticamente significativa, de autocorrelación espacial positiva en Hidalgo, Puebla y Querétaro (región centro), Jalisco (suroeste) y Yucatán, Quintana Roo y Campeche (sureste), respectivamente. En cambio, los estados de Guerrero, Oaxaca y Tabasco (sur) se caracterizan por la agrupación de valores bajos-bajos de

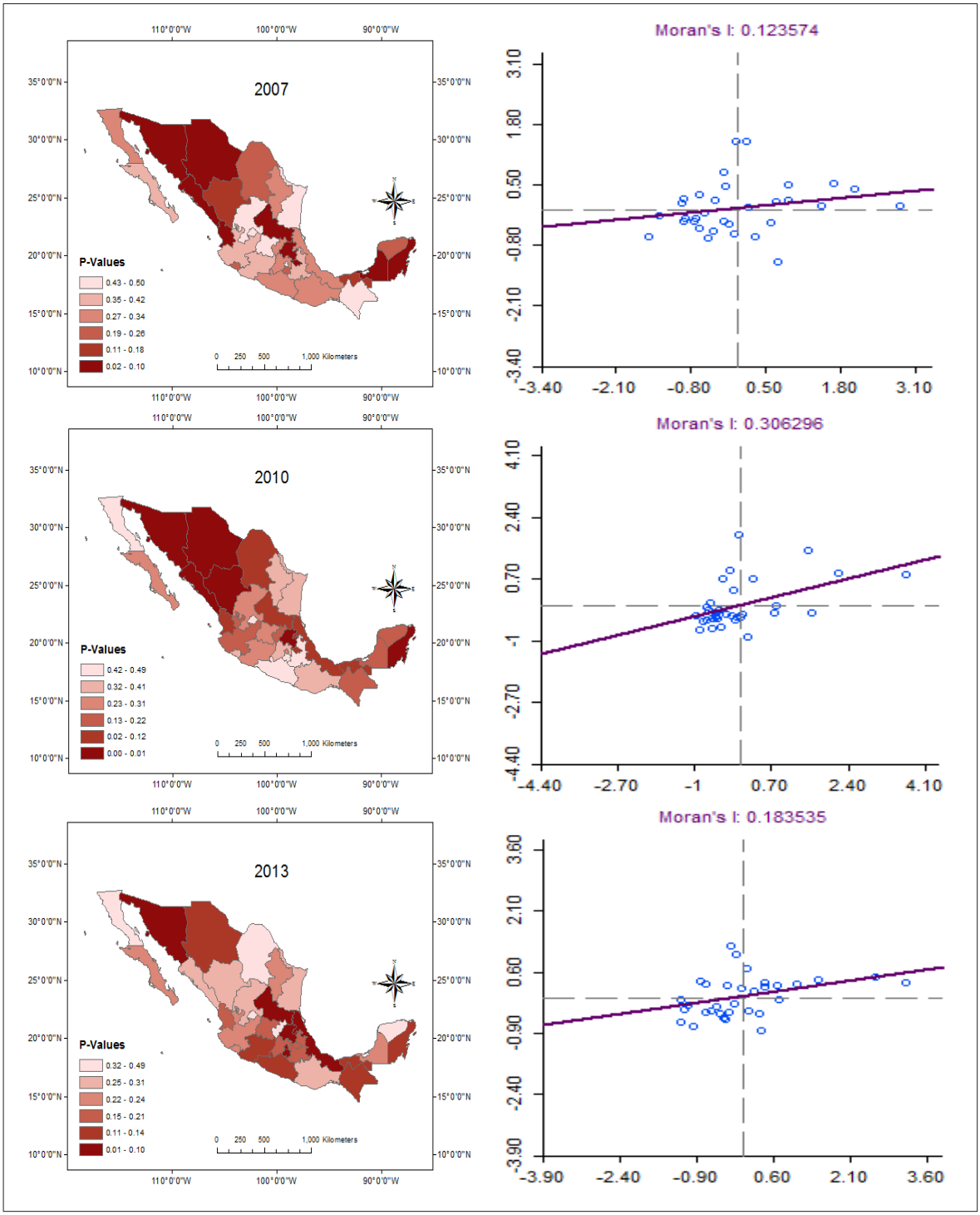

Figura 1. Estadístico Moran I local de violencia relacionada con el narcotráfico (homicidio, secuestro y extorsión) por cada 100 000 habitantes para diferentes años. Fuente: Secretario Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SESNSP). Mapas y diagramas de dispersión del estadístico Moran I elaborados por los autores utilizando ArcMap y GeoDa, respectivamente. Las estimaciones de LISA utilizan en el criterio de contigüidad (W_q). La inferencia se basa en 10 000 permutaciones aleatorias.

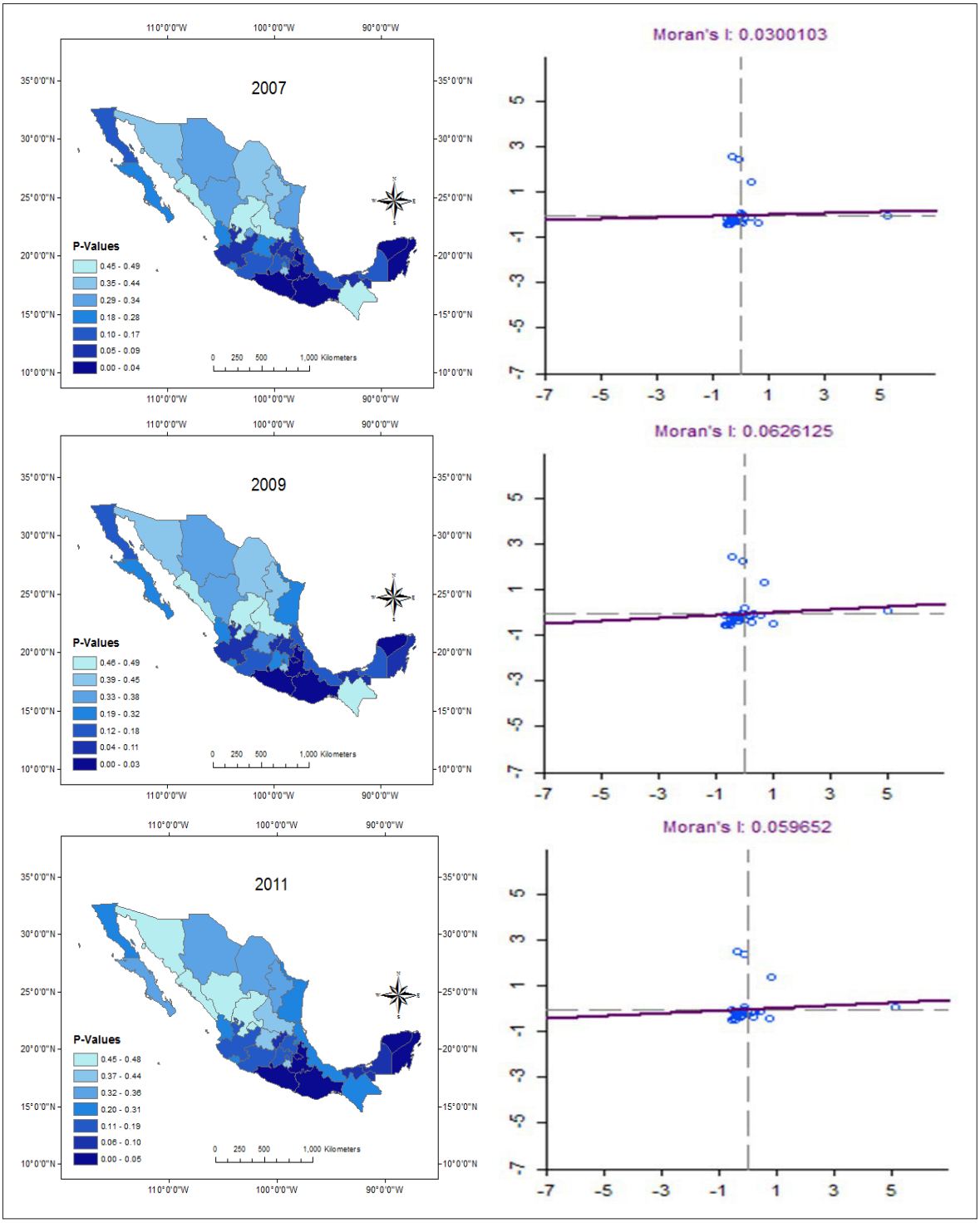

Figura 2. Estadístico de Moran I local de la productividad laboral para diferentes años. Fuente: Instituto de Estadística, Geografía e Información (INEGI). Mapas y diagramas de dispersión del estadístico Moran I elaborados por los autores utilizando ArcMap y GeoDa, respectivamente. Las estimaciones de LISA utilizan en el criterio de contigüidad (W_q). La inferencia se basa en 10 000 permutaciones aleatorias.

productividad laboral. La región del Triángulo Dorado (Chihuahua, Durango y Sinaloa), en la región norte, también muestra un régimen espacial de niveles similares de productividad laboral, sin embargo, no se alcanza la significancia estadística. Según el Banco Central de México (Banxico), los estados de Aguascalientes, Jalisco, Nayarit, Puebla y Quintana Roo mostraron los mayores cambios en la productividad laboral en el período 2007-2015. Con base en el informe 2016 de Banxico, la agrupación espacial de valores altos-altos en la Figura 2 podría ser explicada por el dinamismo en el sector manufacturero.

RESULTADOS DEL MODELO

En la estimación del modelo de regresión con especificación SARAR de primer orden hemos utilizado el método GMM con el objetivo de incluir variables instrumentales (gasto gubernamental en materia de seguridad pública, incautaciones de drogas e incautaciones de armas) para controlar la posible endogeneidad de la variable violencia. También se utilizaron matrices de conectividad espacial basadas en los criterios de contigüidad (W_q y W_r) y distancia inversa (W_{d1} y W_{d2}). Respecto al criterio de distancia, dichas especificaciones W_{d1} y W_{d2} consideran la distancia a los k=4 estados vecinos más cercanos y una distancia de ≤ 600 km dado que es la gran distancia del círculo promedio entre el estado *i* y la Ciudad de México, respectivamente. Por último, el cálculo de FIV incluyó tanto las variables explicativas como las variables instrumentales. Ninguno de los estadísticos FIV mostro valores mayores a 3 (ver la Tabla 1).

La Tabla 4 muestra los resultados del modelo de regresión espacial de datos panel con el método GMM. En resumen, los salarios diarios promedio reportados al IMSS son negativos y con una significancia estadística muy alta para todas las especificaciones de las matrices de ponderación espaciales. En nuestra opinión, este resultado podría ser explicado con base en un desajuste entre el aumento de la mano de obra y el estancamiento de la ocupación en el sector formal, los cuales han afectado la productividad por trabajador. Quinn y Rubb (2006, p. 148) evaluaron la relación entre la educación-ocupación y los salarios-productividad, y sugieren que "…*en un país como México,* aún encontramos individuos con un *alto nivel educativo respecto a la abundancia de puestos de trabajo que requieren niveles bajos de educación",* lo cual se traduce en un impacto negativo en los salarios y la productividad. El rezago espacial del PIB por trabajador (ρWY) muestra efectos estadísticamente significativos de propagación, los cuales indican que los niveles crecientes de productividad en estados vecinos se relacionan positivamente con los niveles de productividad en la economía de un estado determinado. Los niveles de productividad se explican aparentemente por la inversión pública más que por modificaciones en los salarios. Sin embargo, este resultado no es significativo al considerar el criterio basado en la distancia W_{d2}. Como era de esperarse, la distancia del estado *i* al punto de ingreso a los EE.UU. más cercano desempeña una función positiva y estadísticamente significativa en la determinación del PIB por trabajador a nivel estatal, lo que confirma la importancia de los factores de ubicación, especialmente para las industrias de exportación (Jordaan, 2012). Los estados fronterizos de México están fuertemente integrados al ciclo económico de la economía estadounidense, especialmente en el caso de los estados del sur de EE.UU. (Phillips y Cañas, 2008).

Los resultados sugieren la presencia de efectos de aglomeración. Signos positivos indican una influencia positiva de la agrupación laboral, bajos costos de transacción y aglomeración de las actividades económicas en los niveles de productividad laboral. Por otra parte, signos negativos indican que los costos de aglomeración, como los altos costos de transacción y los altos índices de criminalidad anulan los beneficios de la aglomeración. La violencia relacionada con el narcotráfico –el total combinado de las tasas de homicidio con arma de fuego, secuestro y extorsión por 100 000 habitantes– tiene un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre el PIB por trabajador empleado, excepto cuando se considera el criterio de contigüidad W_q. Igualmente, para todas las matrices de ponderación espaciales estandarizadas, la violencia criminal en estados contiguos produce

Tabla 4. Resultados de la regresión espacial de datos panel utilizando el método GMM y efectos fijos. Variable dependiente: PIB / Trabajador empleado.

Variables explicativas	W_{d1}	W_{d2}	W_q	W_r
Salarios $_{i,t-1}$	-0.6535*** (-3.31)	-0.6400*** (-3.80)	-0.7571*** (0.0179)	-0.7305*** (-3.71)
Inversión pública $_{i,t-1}$	0.0645*** (3.30)	0.0246 (1.43)	0.0266* (1.71)	0.0290* (1.85)
Capital humano $_{i,t-1}$	0.0450 (1.09)	0.0177 (0.46)	0.0024 (0.06)	0.0108 (0.26)
Desempleo alternativo $_{i,t-1}$	-0.00002 (-0.66)	-0.00001 (-0.83)	-0.00001 (-0.86)	-0.00001 (-0.81)
Aglomeración $_{i,t-1}$	-0.4786*** (-5.72)	-0.573*** (-7.49)	-0.5471*** (-7.14)	-0.5037*** (-6.44)
Efectos Fronterizos $_{i,t-1}$	0.6965*** (13.88)	0.7556*** (4.65)	0.7692*** (16.89)	0.7748*** (16.64)
Patentes $_{i,t-1}$	0.0021 (0.45)	0.0023 (0.53)	0.0021 (0.49)	0.0017 (0.38)
Cociente de ubicación de sector secundario $_{i,t-1}$	0.0489 (0.82)	0.0220 (0.41)	0.0290 (0.53)	0.0265 (0.48)
Violencia $_{i,t-1}$	-0.0203** (-2.21)	-0.0170** (-2.14)	-0.0132 (-1.34)	-0.0193* (-1.92)
$W \cdot$ Violencia $_{i,t-1}$	-0.0098** (-2.29)	-0.0065** (-2.19)	-0.0058* (-1.66)	-0.0062* (-1.70)
Crisis financiera $_{i,t}$	-0.0334** (-2.57)	-0.0199 (-1.53)	-0.0219* (-1.91)	-0.0242** (-2.07)
$\rho_{i,t}$	0.4034*** (2.94)	0.4423*** (3.39)	0.4055** (2.42)	0.3282** (2.15)
$\lambda_{i,t}$	-0.0058	0.1207	0.0427	0.0678
Prueba de Hausman para modelos espaciales[†]	117.83 [0.00]	125.76 [0.00]	267.38 [0.00]	120.43 [0.00]
Prueba LM robusta para la Dependencia Espacial de la Variable Dependiente[†]	19.85 [0.00]	20.66 [0.00]	32.61 [0.00]	32.64 [0.00]
Prueba LM robusta para la Dependencia Espacial del Error[†]	20.74 [0.00]	17.25 [0.00]	36.03 [0.00]	36.22 [0.00]
Prueba LM2 de no autocorrelación espacial[†]	1.08 [0.28]	0.35 [0.73]	1.94 [0.06]	1.96 [0.05]

Nota: *, **, *** Estadísticamente significativo al 10%, 5% y 1%, respectivamente. Los valores del estadístico *t* se muestran entre paréntesis. No existen valores del estadístico *t* disponibles para el parámetro λ. W_q y W_r representan los criterios de contigüidad. W_{d1} y W_{d2} corresponden a los criterios de distancia inversa usando k=4 y una distancia de ≤ 600 km. [†] Valor del estadístico de la prueba Chi cuadrada. [†] Valores del estadístico de la prueba del Multiplicador de Lagrange (LM). Los valores de p se muestran entre corchetes.

efectos negativos significativos en la economía de una entidad federativa determinada. Tomando en cuenta el incremento y la propagación de los delitos relacionados con el narcotráfico durante el período del estudio, estos resultados señalan que dichos delitos tienden a agruparse, ejerciendo una influencia negativa en la economía, no solo a nivel estatal, sino también entre los estados.

Las pruebas de robustez, la prueba de Hausman para los modelos de regresión espacial de datos panel en la Tabla 4 nos llevaron a rechazar la hipótesis nula de que el modelo preferido es de efectos aleatorios: un modelo de efectos fijos es una mejor opción. La prueba de Hausman indica que podemos rechazar la hipótesis de que los efectos específicos individuales no están correlacionados con las variables explicativas. En este mismo sentido, el estadístico LM rechaza la hipótesis nula de no dependencia indicando que el rezago espacial de la variable dependiente (ρ) y el rezago espacial del término de error (λ) son correctos por lo que la especificación SARAR es correcta. Con respecto a esto último, la inclusión de λ permite considerar efectos correlacionados espacialmente exógenos omitidos en la variable dependiente (Miao *et al*. 2016 y Kelejian y Piras, 2017). La prueba LM2 de no autocorrelación espacial en los residuales no rechaza la hipótesis nula para las matrices de ponderación espaciales de distancia inversa (W_{d1} y W_{d2}), pero sí lo hace para los criterios de contigüidad (W_q y W_r); lo anterior sugiere que la especificación SARAR utilizando el criterio de distancia inversa, específicamente W_{d1} y W_{d2}, constituye una mejor especificación que el uso de W_q y W_r.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Existe una preocupación creciente en la literatura sobre el impacto de los delitos relacionados con el narcotráfico en la economía mexicana. Sin embargo, la mayoría de las publicaciones empíricas han omitido el posible efecto de la dependencia y heterogeneidad espacial. Este estudio contribuye a la literatura al aportar un análisis del impacto de la violencia relacionada con el narcotráfico en la economía de las entidades federativas mexicanas, mediante el estudio de la relación entre la violencia originada por actividades del narcotráfico (extorsión, homicidio y secuestro) y el PIB por trabajador durante el periodo 2003-2016, utilizando un modelo de regresión de econometría espacial.

El análisis de los datos indica la presencia de patrones espaciales justificando la inclusión del rezago espacial tanto de la violencia criminal como de la productividad laboral en la especificación del modelo econométrico. En términos de la violencia relacionada con el narcotráfico, los indicadores globales de asociación espacial muestran un aumento estadísticamente significativo de la agrupación espacial a través del tiempo. Asimismo, el estadístico local Moran I indica la presencia de patrones espaciales en el PIB por trabajador empleado y la violencia relacionada con el narcotráfico a través de los estados. Las estimaciones del estadístico Moran I Bivariado indican que la acción de las fuerzas públicas en un estado específico, concretamente la incautación de marihuana y armas, está asociada con la violencia relacionada con el narcotráfico en los estados vecinos. Dichos resultados validan el uso de un rezago espacial de primer orden en la variable dependiente y en la violencia relacionada con el narcotráfico. Los patrones espaciales de la relación entre las drogas ilícitas y las tasas de delitos violentos confirman la necesidad de utilizar variables instrumentales con un rezago espacial para abordar la endogeneidad de la violencia relacionada con el narcotráfico, lo cual permite realizar pruebas de causalidad y reduce la estimación del sesgo.

La violencia relacionada con el narcotráfico mostró un efecto negativo sobre la productividad laboral a nivel estatal entre 2003 y 2016 así como su propagación en las economías de estados contiguos. Por otro lado, la aglomeración produce un efecto negativo estadísticamente significativo sobre el PIB por trabajador, lo cual indica que la presencia de costos de aglomeración tales como los altos índices de criminalidad sobrepasa el efecto positivo de las economías de aglomeración. El PIB estatal ponderado por la distancia al punto de ingreso a los EE.UU. más cercano confirma la existencia de un impacto positivo y estadísticamente muy significativo de los factores de ubicación sobre la productividad de los trabajadores.

De acuerdo a los resultados y considerando la reciente literatura de econometría espacial (LeSage y Fischer, 2008; Hoang y Goujon, 2014; Kopczewska *et al*. 2015; Lim y Kim, 2015; y Ramajo *et al*. 2017), consideramos que el análisis de regresión espacial de datos panel señala la necesidad de establecer una coordinación regional de las políticas entre las entidades federativas para reducir la diseminación de la violencia relacionada con el narcotráfico y su efecto negativo sobre el crecimiento económico. Se necesitan nuevas investigaciones que desglosen la productividad laboral por sector económico para evaluar la severidad del efecto del incremento y la propagación de los delitos relacionados con el narcotráfico en cada sector. Existe consenso en la literatura acerca de que el crecimiento y el desarrollo dependen de la acumulación de capital humano (Becker *et al*. 1994; Soares y Naritomi, 2007; y Justino, 2011). Es importante evaluar si el combate al narcotráfico en México ha sido un factor contribuyente a la reducción de la acumulación de capital humano mediante el aumento interno o el desplazamiento forzado de los trabajadores. En términos de desarrollo de modelos y estimación, futuras investigaciones deberían tomar en cuenta un modelo de datos panel espacial dinámico con el objetivo de explorar la dinámica a corto y largo plazo entre la violencia relacionada con el narcotráfico y la productividad laboral. Considerando el trabajo de Cárdenas y Rozo (2008), un ejercicio de descomposición del crecimiento podría contribuir a poner a prueba la hipótesis de un cambio estructural en la economía de México durante el combate al narcotráfico. Por último, aunque este estudio compara los resultados de estimación considerando diferentes matrices de ponderación espaciales, particularmente los criterios de contigüidad y distancia inversa, de acuerdo con LeSage (2014), una perspectiva bayesiana de la comparación de modelos de regresión espacial de datos panel podría mejorar no solo la especificación del modelo en términos de la identificación de la matriz de ponderación espacial apropiada (W), sino también la exactitud de la estimación.

REFERENCIAS

Acs, Z. J., Anselin, L. y Varga, A. (2002). Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge. *Research Policy*, *31*(7), 1069-1085.

Anselin, L., Le Gallo, J. y Jayet, H. (2008). Spatial Panel Econometrics. In Mátyás, Laszlo and Sevestre, Patrick (Eds.), *The Econometrics of Panel Data Fundamentals and Recent Developments in Theory and Practice* (pp. 625-660). Netherlands: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Ashby, N. J. y Ramos, M. A. (2013). Foreign Direct Investment and Industry Response to Organized Crime: The Mexican Case. *European Journal of Political Economy*, *30*, 80-91.

Balmori de la Miyar, J. R. (2016). The Economic Consequences of the Mexican Drug War. *Peace Economics, Peace Science, and Public Policy*, *22*(3): 213-246.

Banco de Mexico. (2016). *Reporte Sobre las Economías Regionales, Octubre-Diciembre 2016*. Retrieved from: http://www.anterior.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/publicaciones/informes-periodicos/reportes-sobre-las-economias-regionales/reportes-economias-regionales.html

Bel, G. y Holst, M. (2018). Assessing the Effects of the Mexican Drug War on Economic Growth: An Empirical Analysis. *Southern Economic Journal*, *85*(1): 276-303.

Becker, G. S., Murphy, K. M. y Tamura, R. (1994). Human Capital, Fertility, and Economic Growth. In Becker, Gary S. (Editor), *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis with Special Reference to Education* (323-350), Estados Unidos: University of Chicago Press.

Berry, B. J. L.; Griffith, D. A. y Tiefelsdorf, M. (2007). From Spatial Analysis to Geospatial Science. *Geographical Analysis*, *40*, 229-238.

Bouayad-Agha, S. y Védrine, L. (2010). Estimation Strategies for a Spatial Dynamic Panel using GMM. A New Approach to the Convergence Issue of European Regions. *Spatial Economic Analysis*, *5*(2), 205-227.

Buesa, M., Heijs, J. y Baumert, T. (2010). The Determinants of Regional Innovation in Europe: A Combined Factorial and Regression Knowledge Production Function Approach. *Research Policy*, *39*(6), 722-735.

Cabral, R., Mollick, A. V. y Saucedo, E. (2016). Violence in Mexico and its Effects on Labor Productivity. *The Annals of Regional Science*, *56*(2), 317-339.

Cárdenas, M. y Rozo, S. (2008). Economic Growth in Colombia: A Reversal of Fortune? *Ensayos sobre Política Ecónomica*, *25*(53), 220-259.

Chakir, R. y Le Gallo, J. (2013). Predicting Land Use Allocation in France: A Spatial Panel Data Analysis. *Ecological Economics*, 92: 114-125.

Croissant, Y. y Millo, G. (2019). *Panel Data Econometrics with R.* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Dall'erba, S. (2005). Productivity Convergence and Spatial Dependence among Spanish Regions. *Journal of Geographic Systems*, *7*(2), 207-227.

Decker, C. S., Thompson, E. C. y Wohar, M. E. (2009). Determinants of State Labor Productivity: The Changing Role of Density. *Journal of Regional Analysis and Policy*, *39*, 1-10.

Dell, M. (2015). Trafficking Networks and the Mexican Drug War. *American Economic Review*, *105*(6), 1738-1779.

Doyle, E. y Martinez-Zarzoso, I. (2011). Productivity, Trade, and Institutional Quality: A Panel Analysis. *Southern Economic Journal*, *77*(3), 726-752.

Elhorst, J. P. (2010). Spatial Panel Models. In M. Fischer y A. Getis (Eds.), *Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications* (pp. 377-406). Heidelberg, Alemania: Springer.

Enamorado, T. López-Calva, L. F. y Rodríguez-Castelán, C. (2014). Crime and Growth Convergence: Evidence from Mexico. *Economics Letters*, *125*, 9-13.

Fingleton, B. y Le Gallo, J. (2008). Estimating Spatial Models with Endogenous Variables, a Spatial Lag and Spatially Dependent Disturbances: Finite Sample Properties. *Papers in Regional Science*, *87*(3), 319-339.

Gallaway, L. E., Gilbert, R. F., Smith, P. E. (1967). The Economics of Labor Mobility: An Empirical Analysis. *Economic Inquiry*, *5*(3), 211-223.

Griffith, D A. y Arabia, G. (2010). Detecting Negative Spatial Autocorrelation in Georeferenced Random Variables. *International Journal of Geographical Information Science*, *24*(3), 417-437.

Hoang, H. H. y Goujon, M. (2014). Determinants of Foreign Direct Investment in Vietnamese Provinces: A Spatial Econometric Analysis. *Post-Communist Economies*, *26*(1), 103-121.

Jordaan, J. A. (2012). Agglomeration and the Location Choice of Foreign Direct Investment: New Evidence from Manufacturing FDI in Mexico. *Estudios Ecónomicos*, *27*(1), 61-97.

Justino, P. (2011). *Violent Conflict and Human Capital Accumulation*. Institute of Development Studies Working Paper 379.

Kelejian, H. y Piras, G. (2017). *Spatial Econometrics*. Estados Unidos: Academic Press.

Kopczewska, K., Kudla, J. y Walczyk, K. (2015). Strategy of Spatial Panel Estimation: Spatial Spillovers between Taxation and Economic Growth. *Applied Spatial Analysis*, *10*(1), 77-102.

LeSage, J. P. y Fischer, M. M. (2008). Spatial Growth Regressions: Model Specification, Estimation, and Interpretation. *Spatial Economic Analysis*, *3*(3), 275-303.

LeSage, J. P. (2014). Spatial Econometric Panel Data Model Specification: A Bayesian Approach. *Spatial Statistics*, *9*, 122-145.

Lim, U. y Kim, D. (2015). Toward Sustainable Economic Growth: A Spatial Panel Data Analysis of Regional Income Convergence in US BEA Economic Areas. *Sustainability*, *7*, 9943-9959.

Millo, G. y Piras, G. (2012). splm: Spatial Panel Data Models in R. *Journal of Statistical Software*, *47*(1), 1-38.

Miao, R., Khanna, M. y Huang, H. (2016). Responsiveness of Crop Yield and Acreage to Prices and Climate. *American Journal of Agricultural Economics*, *98*(1), 191-211.

Osorio, J. (2015). The Contagion of Drug Violence: Spatiotemporal Dynamics of the Mexican War on Drugs. *Journal of Conflict Resolution*, *59*(8), 1403-1432. https://doi.org/10.1177/0022002715587048

Pan, M.; Widner, B. y Enomoto, Carl E. (2012). Growth and Crime in Contiguous States of Mexico. *Review of Urban and Regional Development Studies*, *24*(1-2), 51-64.

Phillips, K. R. y Cañas, J. (2008). Regional Business Cycle Integration along the US-Mexico Border. *The Annals of Regional Science*, *42*(1), 153-168.

Quinn, M. A. y Rubb, S. (2006). Mexico's Labor Market: The Importance of Education-Occupation Matching on Wages and Productivity in Developing Countries. *Economics of Education Review*, *25*(2), 147-156.

Ramajo, J. Márquez, M. A. y Hewings, G. J. D. (2017). Spatiotemporal Analysis of Regional Systems: A Multiregional Spatial Vector Autoregressive Model for Spain. *International Regional Science Review*, *40*(1), 75-96.

Rappaport, J. (2005). How Does Labor Mobility Affect Income Convergence? *Journal of Economic Dynamics & Control*, *29*, 567-581.

Shirk, D. y Wallman, J. (2015). Understanding Mexico's Drug Violence. *Journal of Conflict Resolution*, *59*(8), 1348-1376.

Sharkey, P. y Torrats-Espinosa, G. (2017). The Effect of Violent Crime on Economic Mobility. *Journal of Urban Economics*, *102*, 22-33.

Soares, R. R. y Naritomi, J. (2007). Understanding High Crime Rates in Latin America: The Role of Social and Policy Factors. En Di Tella, Rafael; Edwards, Sebastian; and Schargrodsky, Ernesto (Eds.), *The Economics of Crime: Lessons for and from Latin America* (19-55), Estados Unidos: University of Chicago Press.

Torres-Preciado, V., Polanco-Gaytán, M. y Tinoco-Zermeño, M. A. (2017). Crime and Regional Economic Growth in Mexico: A Spatial Perspective. *Papers in Regional Science*, *96*(3), 477-494.

Wang, Z., Cheng, Y., Ye, X. y Wei, Y. H. D. (2016). Analyzing the Space-Time Dynamics of Innovation in China: ESDA and Spatial Panel Approaches. *Growth and Change*, *47*(1), 111-129.

Werb, D, Rowell, G., Guyatt, G., Kerr, T., Montaner, J. y Wood, E. (2011). Effect of Drug Law Enforcement on Drug Market Violence: A Systematic Review. *International Journal of Drug Policy*, *22*(2), 87-94.

A1. APÉNDICE 1

Tabla A1.1. Descripción de las variables. Panel balanceado (n=32; T=13; N=416).

Variables	Descripción	Fuente	Signo esperado
Productividad laboral	PBI real por trabajador en 2010, MXN constantes.	INEGI	DV
Salarios	Promedio de los salarios diarios de los trabajadores inscritos en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en 2010, MXN constantes.	INEGI	+
Capital humano	Proporción de trabajadores empleados con al menos preparatoria terminada dividido entre el total de trabajadores empleados.	INEGI	+
Aglomeración	Número de personas empleadas por km^2.	INEGI y estimación de los autores	+/-
Tasa de patentes	Número de patentes por 100,000 habitantes.	INEGI y estimación de los autores	+
Inversión pública	Inversión pública por el gobierno estatal, incluyendo infraestructura física (por ejemplo, carreteras, puentes, distribución de agua y electricidad, instalaciones) y proyectos productivos relacionados con educación, seguridad pública, turismo y agricultura/ganadería, principalmente. Per capita en 2010, MXN constantes.	INEGI	+
Violencia	Suma total de las tasas de extorsión, secuestro y homicidios con arma de fuego por 100,000 habitantes.	SESNSP y CONAPO	-
Desempleo alternativo	Diferencia en la tasa de desempleo en el estado i y la distancia media ponderada de las tasas de desempleo en el resto del país excepto el estado i. Las distancias se calculan utilizando las distancias en el círculo grande.	INEGI y estimación de los autores	+/-
Efectos fronterizos	PBI ponderado por distancia entre la capital del estado i y el punto de ingreso a los EE.UU. más cercano. Las distancias se calculan utilizando las distancias en el círculo grande.	INEGI y estimación de los autores	+
Cociente de ubicación de sector secundario	Calculamos un cociente de ubicación de empleo para capturar los efectos del grado de concentración del sector secundario en el estado i en comparación con el resto de las economías estatales excepto el estado i.	INEGI y estimación de los autores	+
Crisis financiera	Variable binaria que controla los efectos del año, con un valor de 1 si el año corresponde a 2008-2009 y de 0 en caso contrario.	-	-
Gasto del gobierno en seguridad pública	Recursos federales para las entidades federativas y los municipios utilizados para la seguridad pública (Ramo 33). Ramo 33 per capita en 2010, MXN constantes.	INEGI	Variable instrumental
Incautaciones de marihuana	Kilogramos de marihuana incautada por las autoridades federales.	INEGI	Variable instrumental
Incautaciones de cocaína	Kilogramos de cocaína incautada por las autoridades federales.	INEGI	Variable instrumental
Incautaciones de armas	Armas de fuego incautada por las autoridades federales.	INEGI	Variable instrumental