CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS
Campus Monterrey

"Impacto de la cercanía a la frontera con EE. UU. en la creación y especialización de trabajo"

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

Maestro en Cómputo Estadístico

PRESENTA:

Jorge Luis Ramos Zavaleta

DIRECTOR:
Dr. Rafael Garduño Rivera
CODIRECTOR:
Dr. Rogelio Ramos Quiroga

Monterrey, Nuevo León, 2020

CIMAT

Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.

IMPACTO DE LA CERCANÍA A LA FRONTERA CON EE. UU. EN LA CREACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN DEL TRABAJO

T E S I S

Que para obtener el grado de

Maestro en Cómputo Estadístico

Presenta

Jorge Luis Ramos Zavaleta

Directores de Tesis:

Dr. Rafael Garduño Rivera

Dr. Rogelio Ramos Quiroga

Autorización de la versión final

Monterrey, N.,L., Febrero de 2020

A mi familia quienes me han apoyado durante todo el trayecto de esta aventura.
Es gracias a ustedes que es posible el presente trabajo.
En verdad, gracias.
Yo.

Reconocimientos

Primero que nada me gustaría agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT-México) por el apoyo que me brindó estos dos años, ya que sin dicho apoyo no hubiera sido posible cumplir con mi formación y verla culminada en este trabajo terminal.

De igual manera, agradezco el apoyo financiero del Proyecto de Ciencia Básica de Conacyt CB2015-1 No. 252996 que permitió llevar a cabo la realización de mi examen de grado en tiempo y forma como se tenía planeado.

También tengo que agradecer por completo a todo el personal que integra e integró el CIMAT Monterrey durante el periodo de la maestría ya que gracias a ellos llegué a encontrar una gran motivación para ir cada día a aprender.

En especial quiero agradecer a mi tutor y amigo el Dr. Rafael Garduño Rivera que sin su apoyo y dedicación a este trabajo no habría sido posible verlo terminado. De igual manera, quiero agradecer a mi coaseasor por parte de CIMAT el Dr. Rogelio Ramos Quiroga quien a pesar de su apretada agenda logró encontrar tiempo suficiente para asegurarse que este trabajo se pudiese llevar a cabo.

A mis compañeros de grado, quienes siempre estuvieron ahí para ayudarme a contestar preguntas que me surgían y con quienes viví grandes momentos durante estos dos años y los que faltan.

Por último, pero no menos importante me gustaría agradecerle a mi familia quienes siempre me apoyaron y estuvieron al pendiente de mi salud tanto física como emocional. Principalmente a mi madre, que aunque no podrá estar presente para verme culminar mi formación de maestría, se convirtió en mi principal motivación para terminarla.

Resumen

Este trabajo está basado en el de Blankespoor et al. (2017) y puede considerarse una extensión de dicho trabajo. En el presente trabajo se busca establecer los impactos de la construcción y mejora de carreteras tanto en el empleo como en la especialización del trabajo. Para ello se considero la distancia de las cabeceras municipales a la frontera con EE. UU. más cercana haciendo uso de las carreteras disponibles durante el periodo 2004-2014.

Para realizar la modelación de dichos impactos los métodos elegidos son los llamados modelos de panel de datos espaciales, y debido a todas las distintas subespecificaciones que se desprenden de este tipo de modelos, en este trabajo se hara énfasis en las pruebas estadísticas para obtener el modelado correcto para este tipo de datos y con ello tener una interpretación mucho mas precisa.

Algo que cabe destacar es que la estimación de dichos modelos presenta variantes entre ellos, por lo que para mantener los resultados consistentes entre las distintas subespecificaciones solo se consideraron las estimaciones basada en Máxima Verosimilitud.

Para lograr establecer de mejor manera el impacto se hace uso de variables de control apropiadas como población con educación superior en el municipio, municipios petroleros y municipios que funcionan como capital estas ultimas como variables dummy. Con esto se encontraron posibles efectos causales positivos respecto del aumento de la distancia a la frontera con la especialización del trabajo pero negativos con respecto al empleo en general.

Índice general

Índice de figuras IX

Índice de tablas XI

1. Introducción 1

2. Trabajo en México 3
- 2.1. Empleo en México . . . 3
- 2.2. Especialización del trabajo . . . 4
  - 2.2.1. Definición . . . 4
  - 2.2.2. Ventajas . . . 5
  - 2.2.3. Desventajas . . . 7
- 2.3. Especialización del trabajo en México . . . 8
- 2.4. Distancia a la frontera con EE.UU. . . . 9
- 2.5. Justificación, objetivos y alcance del proyecto . . . 9
  - 2.5.1. Justificación . . . 10
  - 2.5.2. Objetivos . . . 10
  - 2.5.3. Alcance . . . 11

3. Análisis descriptivo 13
- 3.1. Infraestructura carretera en México . . . 13
- 3.2. Sectores económicos en México . . . 14
  - 3.2.1. Comercio . . . 15
  - 3.2.2. Manufactura . . . 16
  - 3.2.3. Servicios . . . 18
  - 3.2.4. Minería . . . 19
- 3.3. Índice de especialización de Krugman (KSI) . . . 21
- 3.4. Distancia a la frontera norte . . . 23
- 3.5. Variables de control . . . 24

4. Regresión lineal espacial 25
- 4.1. Correlación espacial . . . 25
- 4.2. Matriz de distancias . . . 26

4.3. Prueba de Moran 26
4.4. Modelos de regresión lineal espacial 28
4.5. Modelos espaciales de panel de datos 29
4.5.1. Modelos de panel de datos espaciales con efectos aleatorios . . . 31
4.5.2. Modelos de panel de datos espaciales con efectos fijos 32
4.5.3. Estimación de los parámetros 33

5. Análisis de resultados **37**
5.1. Modelos básicos 37
5.2. Modelo Pooling 38
5.3. Pruebas para selección de modelo 39
5.4. Efectos aleatorios 41
5.5. Efectos fijos 42
5.5.1. Error espacial 43
5.5.2. Rezago espacial 45
5.5.3. Modelos elegidos 45

6. Conclusiones **51**

Referencias **53**

Índice de figuras

3.1. Estructura de carreteras usada. Fuente: Blankespoor et al. (2017). . . . 14
3.2. Porcentaje de empleados en una actividad económica directamente relacionada con el comercio con respecto del total de las personas empleadas en cada municipio. Los municipios se encuentran coloreados usando cuartiles centrales, el color azul es para el cuartil mas alto y el rojo para el mas bajo. 16
3.3. Porcentaje de empleados en manufactura con respecto del total de las personas empleadas en cada municipio. Los municipios se encuentran coloreados usando cuartiles centrales, el color azul es para el cuartil mas alto y el rojo para el mas bajo. 17
3.4. Porcentaje de empleados en el sector servicios (no comercio) con respecto del total de las personas empleadas en cada municipio. Los municipios se encuentran coloreados usando cuartiles centrales, el color azul es para el cuartil mas alto y el rojo para el mas bajo. 19
3.5. Municipios que se dedican a la minería en verde y municipios que no se dedican a la minería en azul para los años 2004 y 2014. La distinción se estableció usando como municipio dedicado a la minería si la población empleada era mayor a la media nacional. 20
3.6. Municipios por nivel de especialización de acuerdo al índice de Krugman. Las regiones en rojo son las regiones más especializadas mientran que las regiones en verde son las menos especializadas. Los puntos de corte coinciden con los establecidos en Blankespoor et al. (2017). 22
3.7. Distancia-carretera de municipios a la frontera con Estados Unidos. Se muestra la distribución de distancias para 2004 en escala logarítmica. . . 23

4.1. Ejemplos de matrices de distancias. El inciso (a) corresponde la región a la cual se le quiere obtener la matriz de distancias, los incisos (b),(c) y (d) corresponden a matrices de distancias correspondientes a la región en el inciso (a) bajo distintos criterios: adyacencia, vecino más cercano y distancia$<$ 2 respectivamente. Fuente: Arbia (2014). 27

5.1. Qqplot de los residuales del modelo usado para la especialización del trabajo. Puede observarse que en general sigue una distribución normal estandar con pequeñas desviaciones en las colas. 46
5.2. Qqplot de los residuales del modelo usado para el personal empleado (trabajo). Puede observarse que en general sigue una distribución normal estandar con pequeñas desviaciones en las colas. 48

Índice de tablas

3.1. Número de municipios en cada uno de los cuartiles para cada año de estudio. 17
3.2. Número de municipios en cada uno de los cuartiles para cada año de estudio. 18
3.3. Número de municipios en cada uno de los cuartiles para cada año de estudio. 19
3.4. Número de empleados en municipios que se dedican a la minería en México en los años 2004 y 2014 20
3.5. Numero de municipios por nivel de especialización de acuerdo al índice de Krugman. 22
3.6. Porcentaje de la población que cuenta con educación superior a nivel municipal para los años 2004, 2009 y 2014. 24

5.1. Modelo pooling para la especialización del trabajo. Se usan los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 39
5.2. Modelo pooling para el empleo. Se usan los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 39
5.3. Resultados de las pruebas estadísticas de selección de subespecificación y de autocorrelación espacial. 42
5.4. Coeficientes del modelo de Error Espacial para la especialización del trabajo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 44
5.5. Coeficientes del modelo de Error Espacial para la variable empleo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 44
5.6. Coeficientes del modelo de Rezago Espacial para la especialización del trabajo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 47
5.7. Coeficientes del modelo de Rezago Espacial para la variable empleo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1 49

Capítulo 1

Introducción

Debido a la relación comercial México-EE. UU. que se suscitó a partir de 1994 con la firma del TLCAN, se han realizado diversos estudios para conocer el impacto POS-TLCAN en la economía mexicana. En este sentido, y con base en el trabajo de Blankespoor et al. (2017), se explora la posible relación entre la distancia entre municipios a la frontera con EE. UU. con respecto al empleo y la especialización del trabajo.

Dado que se tiene información a nivel municipal y temporal el enfoque planteado es usar modelos de panel de datos espaciales, esto con el fin de explotar lo mejor posible la riqueza de dicha estructura. Uno de los retos que aparece inmediatamente en este marco de trabajo es la existencia de varios tipos de subespecificaciones para esta clase de modelos.

Con el fin de reducir el problema de la elección de la subespecificación correcta para el modelo se hizo uso de pruebas estadísticas que nos permiten conocer el tipo de efectos del modelo y si es significativa la autocorrelación espacial para continuar con esta clase de modelos. Otro problema a considerar es que estos modelos no tienen una medida de bondad de ajuste directa como en el caso de la regresión lineal por lo que se hizo uso de una alternativa (pseudo R^2).

Para mantener la relación temporal entre los municipios se consideró la estructura de los municipios tal y como se presenta en Blankespoor et al. (2017), por lo que se trabajo con 2377 municipios unificando los datos de los nuevos municipios con los del municipio líder histórico, es decir, se toma la distribución municipal que se tiene en 1988 puesto que a partir de este año la creación de municipios se da a través de su partir los municipios de 1988.

Tal como se mencionó anteriormente, se hizo uso de pruebas de hipótesis estadísticas con el propósito de tener un criterio que nos permita discernir en la elección de las subespecificaciones para cada modelo. Para este trabajo se hizó uso de dos tipos de pruebas: pruebas de Multiplicadores de Lagrange (LM) y una prueba de Hausman

espacial.

Las pruebas LM utilizadas permiten establecer bajo un criterio de distribución estadística tanto si el modelo a utilizar presenta una estructura de efectos fijos o de efectos aleatorios, dependiendo de la forma del estadístico utilizado en la implementación de la prueba. Una ventaja de este tipo de pruebas es que no requieren estimar el modelo, sino que solo requiere utilizar los residuales de un modelo de regresión clásico por lo que son muy útiles para cuando es requerido calcular varios modelos con el fin de establecer la elección de variables.

Por otro lado, la prueba de Hausman que es una prueba estándar para la modelación de datos de tipo panel requiere calcular directamente el modelo, por lo que aunque en general es una prueba más robusta para conocer el tipo de especificación del modelo también es computacionalmente mas pesada.

Aplicando ambos tipos de pruebas estadśticas a los modelos finales se concluyó que el modelo tiene una especificación de efectos fijos, es decir que ninguna de las covariables estaba correlacionada con los residuales, y también se encontró que existía evidencia muy fuerte para considerar que el modelo debía presentar autocorrelación espacial de algún tipo.

Por último, los modelos finales obtenidos resultaron tener la subespecificación de un modelo de rezago espacial en ambos casos. En ambos casos se obtuvo un componente espacial muy alto y bastante significativo lo cual implica que la presencia del empleo (especialización) en un municipio tiende a influir en los municipios cercanos.

En el caso del modelo para la especialización del trabajo se encontró una relación positiva con respecto a la distancia con la frontera, lo cual puede explicar la existencia de varios municipios en el sur del pais que se dedican a una actividad en específico. Mientras que para el empleo se encontró una relación negativa como era de esperarse debido a la presencia de las empresas de manufactura en el norte del país.

Capítulo 2

Trabajo en México

En el presente capitulo se presentara el concepto de trabajo y de especialización del trabajo. Para el caso de la especialización del trabajo se indicaran sus ventajas y desventajas, y un breve bosquejo histórico de como ha cambiado la aglomeración de actividades en el contexto mexicano. Dentro del contexto de este capitulo también se presentaran los objetivos, antecedentes, justificación y el alcance de este trabajo.

2.1. Empleo en México

De acuerdo a la Organización Internacional del Trabajo una *persona empleada* es aquella que tiene la edad legal para llevar a cabo de manera formal en alguna de las actividades de la economía que se dedique a la produccion de bienes y servicios por una remuneración OIT (2019).

Con base en Enríquez y Galindo (2015), tenemos que existen dos tipos de empleo: formal e informal. El empleo formal incluye a los trabajadores que tienen una relación laboral reconocida y que hacen cumplir sus derechos laborales (tales como seguridad social, beneficios no salariales de liquidación o finiquito al término de la relación de trabajo). A la inversa, el empleo informal engloba a los trabajadores que, aunque reciben un pago por su trabajo, no tienen una relación laboral reconocida y no pueden hacer cumplir sus derechos laborales.

De acuerdo a la OCDE, el empleo formal es el que más impacto tiene en el crecimiento económico y en la reducción de la pobreza OECD (2009), de aquí la importancia de promover su crecimiento y desarrollo plenos.

En Enríquez y Galindo (2015) se indica que en México, el empleo formal se mide a través del número de trabajadores registrados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), que es la institución que brinda los servicios de salud y seguridad social a los trabajadores registrados (a los trabajadores formales).

Una perspectiva sobre el empleo en México así como algunos artículos de interés respecto al tema pueden encontrarse en Enríquez y Galindo (2015).

2.2. Especialización del trabajo

El concepto de especialización es uno de los importante en la teoría económica, tanto así que hace hincapié en su rol en el comercio desde los primeros cursos. Por ejemplo en Mankiw (2014) que es uno de los libros mas usados para impartir los cursos iniciales de economía se presenta como uno de los principales motores para obtener ganancias del comercio desde sus primeras páginas.

2.2.1. Definición

Existen diferentes definiciones del concepto de especialización del trabajo, dentro de la teoría económica podemos encontrar definiciones desde un punto de vista más enfocado en lo laboral como en Murali (2017) que define la especialización del trabajo de la siguiente manera

"La especialización del trabajo se define como el impacto en el desajuste del balance de la productividad. Donde dicho desajuste se mide como la distancia entre las habilidades de un trabajador y las habilidades requeridas para realizar su trabajo. Si existe cero especialización, entonces cualquier trabajador de cualquier nivel de habilidad es un candidato adecuado para el trabajo, así que el desajuste tiene cero efecto sobre el balance de la productividad. Por otro lado, si un trabajo es altamente especializado, incluso un pequeño nivel de desajuste puede tener un efecto negativo muy grande en el balance de la productividad."(p. 2)

Por otra parte, y para fines de este trabajo requerimos una definición de especialización del trabajo mucho más enfocada en el contexto regional. En Kemeny y Storper (2015) encontramos una definición de *región diversificada*

"...una región diversificada es definida como aquella que contiene un amplio arreglo de sectores no relacionados en su base económica, sin un sector específico dominante."(p. 2)

Este concepto de región diversificada nos sirve de partida, debido a que el concepto de especialización del trabajo que buscamos puede considerarse el inverso de este concepto. Por lo que podríamos definir el concepto de especialización del trabajo a nivel regional de la manera siguiente

Es un área que contiene en proporciones una mayor parte de sectores económicos,

que se relacionan en su base económica y que funcionan para permitir el crecimiento y desarrollo de un sector específico dominante.

Con este concepto establecido podemos comenzar enfatizar en las ventajas y desventajas que se han presentado alrededor de dicho concepto.

2.2.2. Ventajas

Existen varias causas por las que la especialización del trabajo en forma de aglomeración económica se da. En Duranton y Kerr (2015) y Ellison et al. (2010) se establecen algunas de ellas. Dichas causas pueden considerarse como posibles ventajas de establecer dicha especialización. Sin embargo, no necesariamente dichas causas terminan representando una ventaja.

En términos prácticos y con el fin de resumir dichas ventajas, en Ellison et al. (2010) se establecen seis puntos que se pueden distinguir como ventajas de establecer dichas aglomeraciones

- **Retornos crecientes bajo contexto de globalización.**Debido al proceso de aglomeración las empresas dentro de los clusters terminan generando ciertos factores de ventaja competitiva relacionados al concepto de proximidad: rivalidad local entre empresas, presencia de industrias especializadas, presencia de instituciones de apoyo a la producción, entre otras.

  Como consecuencia de la presencia de estos factores se presentan retornos crecientes derivados de las propiedades inmersas dentro del sistema local sin la necesidad de generar incremento en el tamaño de las plantas o del volumen de la producción.

- **Reducción de costos de transacción.** La teoría económica que establece alrededor del concepto de los costos de transacción considera que las empresas nacen como una forma de reducir los costos de transacción internalizandolos Coase (1937).

  De acuerdo a Williamson (2007) se pueden considerar tres distintos tipos de falla que dan nacimiento a estos costos de transacción:

  1. **Racionalidad acotada en la toma de decisiones.** Se refiere a la limitación de la capacidad humana de adquirir y procesar información. Por ejemplo, al querer comprar una computadora existen muchas variedades entre modelos y las piezas específicas que las conforman así como la calidad de las piezas que integran dicha computadora, por lo que regularmente la decisión de compra se hace con base en un número limitado de opciones.
  2. **Oportunismo.** Este concepto resulta del egocentrismo o auto interés de las personas. Por ejemplo, al vender un auto usado el vendedor conoce bien la

maquina del automóvil incluyendo las reparaciones que se le han hecho por lo que es capaz de establecer un precio final mayor del real convenciendo al comprador que las fallas que ha tenido el auto fueron muy leves o que no ha presentado fallas.

3. **Incertidumbre del mercado.** Es el resultado de dificultades no planeadas en cada transacción. Por ejemplo, al comprar un aparato electrónico usado puede ser que el aparato deje de funcionar mientras se le muestra al comprador, aunque el aparato no hubiese tenido ninguna falla hasta el momento.

La presencia de alguna de estas fallas propician que el precio de los productos no dé información real sobre la calidad del producto por lo que tanto comprador como vendedor terminan intercambiando a un precio distinto del real, estableciendo costos extras no considerados para el vendedor o una pérdida en la capacidad adquisitiva del comprador.

Al generarse aglomeración con respecto a un sector se generan redes de información que permiten tanto a vendedores como a compradores tener mejor idea del precio real de los productos, lo que implicaría una reducción de los costos de transacción.

- **Diversificación de producto y centramiento en el cliente.** En la actualidad existen muchos mercados que no se rigen directamente por el precio por lo que se presentan otros criterios como calidad del producto y el valor agregado que se le impone al producto lo que hace que las empresas tengan que centrar su producción en los requerimientos del usuario.

  Al pertenecer a una aglomeración especializada en un producto o servicio las empresas generan redes de interacción con las que se puede comprobar el dinamismo de la industria y tendencias en los usuarios, así como acumulación de experiencia conjunta, en conjunto esto conlleva a que las empresas establezcan una competencia local, propiciando la búsqueda de nuevos segmentos de mercado a través de una continua diversificación de sus productos enfocándose en las exigencias de los clientes.

- **Pionero.** En el caso de que una empresa tenga un liderazgo tecnológico es posible para ella mantener dicho liderazgo debido a que las redes de información que se generan debido a la aglomeración le permiten tener acceso mas rápido a las nuevas tendencias.

- **Reducción de costos vía aprendizaje efectivo.** Debido a la concentración geográfica de empresas del mismo tipo se llegan a establecer sistemas organizacionales conjuntos, dichos sistemas permiten que los empleados de una empresa puedan emular e imitar las habilidades de los trabajadores de otra empresa y con ello reducir tanto el tiempo como los recursos en aprendizaje para los trabajadores.

Evidencia de esta afirmación se puede encontrar en Asheim (1999).

- **Innovación y desarrollo tecnológico debido a interacciones locales.** Debido al proceso de aglomeración tanto trabajadores como empresarios de las distintas empresas se encuentran en contacto regular lo que permite que se generen interacciones entre ellos y generándose un efecto de derrame de conocimiento sobre los procesos que se están manejando adentro de cada empresa permitiendo que se tenga acceso a nuevos procesos que en alguna de las empresas y que se pueden implementar dentro de las demás empresas del cluster.

  Estas nuevas implementaciones permiten a las empresas generar innovación en sus productos y servicios, así como también permiten renovar mas frecuentemente los procesos incentivando un mayor desarrollo tecnológico.

2.2.3. Desventajas

En Kemeny y Storper (2015) se indica que los argumentos a favor de las regiones diversificadas se pueden resumir en tres justificaciones

- **Diversificación del riesgo.** En este punto se hace la referencia a las fluctuaciones en el ciclo de los negocios y como éstos pueden tener consecuencias extremas sobre los sectores en los que se especializa la región. Por ejemplo, en Hill (2006) se presenta el caso del precio del café en Uganda. En este estudio se indica que debido a las fluctuaciones del precio, los productores locales son los que se ven mayormente afectados.

  Como consecuencia de estas afectaciones se pueden llegar a nulificar las posibilidades de sustento de los productores y debido a que es la única actividad en el área terminan por no tener otra opción que mudarse a otra área económica. Aunque puede darse el caso de que estas regiones deban su especialización a que tienen un costo de oportunidad mucho más bajo que la competencia por lo que el ciclo de los negocios tendrá un efecto negativo mucho menor.

- **Eficiencia en el suministro de insumos generales.** De acuerdo con esta justificación economías urbanizadas proveen de insumos generales en escalas eficientes que son útiles para muchas actividades en una región. Es decir, debido a que una región puede ser suficientemente grande entonces ésta puede proveer de distintos insumos a la economía en general por lo que puede soportar una diversificación de sus actividades y mantener su productividad. Sin embargo, el hecho de que una región sea grande y pueda proveer dicha diversificación puede deberse en realidad a un proceso inicial de especialización económica.

- **Dinámica de la economía regional.** En este sentido se piensa a la economía moderna como un ente muy amplío y complejo, y como tal para permitir la

adopción de nuevas actividades económicas de manera más eficiente requiere que exista una diversificación en las habilidades de los trabajadores y en los insumos que genera. De manera que una economía demasiada especializada puede ser muy ineficiente para la adopción de nuevas actividades económicas que requieran habilidades fuera de su sector de especialización.

2.3. Especialización del trabajo en México

En México desde antes de la firma del TLCAN ya se tenia conciencia de la presencia de algunos clusters pero la mayor parte de las actividades se realizaban alrededor de la Ciudad de México. De acuerdo con Hanson (1998) existía una concentración manufacturera alrededor de la Ciudad de México pero debido los intentos de Estados Unidos por impulsar el libre comercio entre ambos países se comenzó a impulsar una expansión de la industria manufacturera en la frontera norte atrayendo mano de obra bien calificada a través del pago de un salario Premium.

Dos de los clusters mas conocidos que han sido bien identificados y que cuentan con diferentes niveles de concentración de manera regional: Calzado y Automotriz, son estudiados en Unger (2003) donde se establece nivel de concentración que se representa regionalmente así como su variación en el tiempo.

Por otra parte, en Dávila Flores (2008) se identifican los distintos clusters industriales en el noreste de México y como se fue presentando su variaciones durante el período 1993-2003 con el fin de observar cambios debido a la firma del TLCAN. En dicho trabajo se encontró que los estados que conforman la frontera con Texas forman la base del comercio exterior debido a la acumulación de industria manufacturera que obtuvieron durante ese periodo.

De manera similar, en Baylis et al. (2012) se hace un estudio a nivel municipal para identificar cambios en la actividad económica como efecto del TLCAN y se encontró que el efecto de aglomeración disminuyó debido a la presencia de dicho tratado. Mientras que en Alvarez et al. (2017) se establece un esquema de frontera de producción para identificar la eficiencia técnica a nivel estado en un período anterior y posterior a la firma del TLCAN encontrando que los estados cercanos a la frontera con Texas son los que mayor eficiencia presentan.

La firma del TLCAN estableció nuevas reglas dentro de la forma en que estaba organizada la economía mexicana especialmente a lo que se refiere a la especialización del trabajo. Mientras que las actividades se comenzaron a aglomerar en algunos estados en otros no se presentaron cambios sustanciales en este sentido.

Debido a las ventajas expuestas anteriormente que representa la especialización del

trabajo, es importante encontrar que causas son las que pueden propiciar dicha variabilidad. En el tercer capitulo se mostrara visualmente el cambio en la especialización del trabajo en México a lo largo del periodo establecido para este trabajo.

2.4. Distancia a la frontera con EE.UU.

Debido a la heterogeneidad que presenta la infraestructura carretera mexicana tanto espacial como temporalmente se decidió usar una medida de accesibilidad que incorpore en algún sentido la información de la infraestructura carretera en México.

Por lo que se decidió por hacer uso de la distancia hacia los municipios que son frontera con los Estados Unidos, debido a la importancia comercial que tiene este país con México. Para ello se consideraron las distancias por carretera entre municipios a través de la infraestructura carretera disponible hasta el momento y usando la ruta mas corta a alguno de los municipios que se encuentra en la frontera solo considerando dichas distancias-carretera. A los municipios que se encuentran en la frontera se les asigno una distancia cero.

De acuerdo con los datos usados se tienen 5 tipos de caminos distintos entre municipios y aunque las velocidades en cada tipo de camino pueden variar bastante estas no se consideraron para tener un enfoque basado en la distancia con el fin de mantener la estructura espacial lo mayormente posible. Los tipos de caminos utilizados son (para mas detalle ver Blankespoor et al. (2017)):

- Multicarril dividido.
- Dos carriles o dividido.
- Pavimento.
- Grava o camino de tierra.
- Categoria desconocida.

2.5. Justificación, objetivos y alcance del proyecto

Como cualquier proyecto de investigación es importante reconocer si este genera una aportación suficiente para resolver un problema, y a su vez debe reconocerse que no siempre es posible abarcar por completo el problema por lo que se vuelve importante acotarlo.

Siendo así en los siguientes puntos se establecen la relevancia del trabajo, los objetivos a perseguir y el alcance del trabajo con el fin de no generar expectativas mayores a las que se esperan resolver.

2.5.1. Justificación

La red carretera de un país tiene una importancia muy amplia, particularmente su impacto en la economía se puede ver directamente reflejado en una reducción de los costos de transporte lo cual permite a empresas alcanzar nuevos mercados con un costo menor. Una colección amplia de trabajos sobre este tema se puede encontrar en Redding y Turner (2015).

Si bien este hecho de la reducción de costos es bien conocido, la construcción de infraestructura carretera también permite obtener otra clase de beneficios como pueden ser una mayor eficiencia en el tránsito de personas, lo cual conlleva a mejorar la movilidad de mano de obra mejor calificada, así como también permite que aumente el empleo y los salarios de empleados en el sector formal. Un modelo teórico explicando estos hechos puede encontrarse en Duranton et al. (2014).

Como ya se menciono anteriormente, la especialización del trabajo en su forma de aglomeración puede conllevar a muchos beneficios tanto para las empresas que integran el cluster como a los clientes que consumen sus productos o servicios. Debido a esto se vuelve importante determinar factores que puedan favorecer la creación de dichas aglomeraciones.

De esta manera, en este trabajo se busca verificar la existencia de una relación entre la construcción y mejora de infraestructura carretera con respecto a la especialización del trabajo y de la cantidad de trabajadores empleados a través de la distancia que se debe recorrer hasta la frontera con EE. UU., y en caso de existir dicha relación cuantificarla.

Con dicha cuantificación se pueden generar conclusiones que posteriormente pueden ser usadas como una herramienta para la creación de políticas públicas tanto en el marco de infraestructura carretera como en el del crecimiento regional.

2.5.2. Objetivos

Es importante tener objetivos muy claros debido a que el problema de la medición del impacto puede hacerse de muchas formas por lo que este problema puede volverse intratable para la ventana de tiempo que se tiene pensada para terminarlo. Por lo que se establecieron objetivos general y específico que fueran factibles de trabajar en dicha ventana de tiempo.

Objetivo general

El objetivo general del trabajo es con base en el trabajo de Blankespoor et al. (2017) es determinar si existe una relación entre la distancia hacia la frontera establecida a través de las carreteras con respecto tanto del número de trabajadores empleados como

de la aglomeración económica del trabajo.

Para ello se realizara un modelado estadístico explotando el potencial de la información haciendo uso de modelos de panel de datos espaciales y realizando las apropiadas pruebas estadísticas para la elección del modelado correcto.

Objetivos específicos

Como parte de la modelación se utilizaran algunas variables de control como edad o tamaño de la población para permitir controlar de mejor manera la relación que existe entre especialización del trabajo y el potencial de mercado. Por ello uno de los objetivos específicos es plantear la pertinencia de posibles relaciones causales de dichas variables que permiten esclarecer de mejor manera el impacto que se quiere medir.

Debido a que las especificaciones del modelo contienen términos de error que pueden ser autorregresivos espacialmente el segundo objetivo específico es establecer una interpretación correcta de dicho resultado.

2.5.3. Alcance

De manera similar al trabajo de Blankespoor et al. (2017) los datos con los que se van a trabajar son de municipios de México en el periodo 2004-2014, y debido a los cambios que se presentan en dicho periodo sobre la creación o destrucción de municipios se tuvo que mantener alguna relación históricas para permitir que los resultados no se vean afectados por dichos cambios.

Para mantener la interpretabilidad de los modelos y permitir su comparación solo se va a considerar su estimación por el método de Máxima Verosimilitud, aun cuando alguna especificación pueda tener otro método de estimación puesto que las condiciones y supuestos que se deben verificar en esos casos serian distintas.

Capítulo 3

Análisis descriptivo

A lo largo de este capítulo se realizará un análisis descriptivo de los datos a utilizar y se establecerá una justificación del porque estos datos se consideran relevantes para el modelado que se plantea realizar.

De igual manera que en Blankespoor et al. (2017) con el fin de mantener la integridad de la división política de los municipios debido a la creación de nuevos municipios se considera la estructura histórica que se tenía en sus fronteras en 1988. Con lo que se tienen 2,377 municipios y las regresiones se hacen sobre dicha división, razón por la que los mapas que se muestran en este capítulo presentan algunos huecos, pues los mapas son generados a partir de la división que provee el INEGI en 2015.

3.1. Infraestructura carretera en México

Los caminos en México tiene una historia muy larga, pero su relevancia mas grande dió comienzo durante la época porfirista donde la contrucción de caminos y redes ferroviarias fueron los estandartes de su política de progreso económico. Sin embargo, al presentarse la Revolución Mexicana las obras se detuvieron e inclusive una gran parte de la infraestructura construida se dañó, y con la presencia de los vehículos de automotor se inicio un proceso de demanda de caminos que permitieran el uso apropiado de dichos vehículos. Por lo que en 1925 se constituye la Comisión Nacional de Caminos.

La construcción de caminos durante las décadas de 1920 y 1930 fue un preámbulo del papel del estado sobre la construcción de las carreteras debido a que anteriormente dicha infraestructura era llevada a cabo principalmente por capital extranjero y particulares. A partir de las relaciones amistosas que se establecieron con EE. UU. debido a los procesos económicos que conllevo la Segunda Guerra Mundial se comenzaron a inyectar inversiones extranjeras que permitieron construir una mayor infraestructura, y también se impulsó dicha medida como parte de la política de sustitución de importaciones por parte del presidente Miguel Alemán. Detalles mas específicos de los procesos

que se llevaron a cabo desde 1920 pueden consultarse en Gómez (1990), Bess (2016) y en Bess (2014).

En 2014, como parte del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 el gobierno mexicano publicó el Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 (DOF (2014)), donde se detallan diversos proyectos en cuestión de infraestructura carretera principalmente en el sur y centro del país como una forma de mejorar las condiciones económicas de la región. También debido a este hecho INEGI en ese mismo año libera información digitalizada de la infraestructura carretera para apoyar la generación de políticas en este rubro.

Debido a que el periodo de estudio es anterior al 2014, entonces se requirió considerar una base de carreteras distinta a la que trabaja INEGI, por lo que se usaron los mismos datos utilizados en Blankespoor et al. (2017) que provienen de una base de datos utilizada en DeLorme(2014) y actualizada con datos de la American Automovile Asociation (AAA). En la siguiente figura se muestran los caminos usados con su respectiva clasificación.

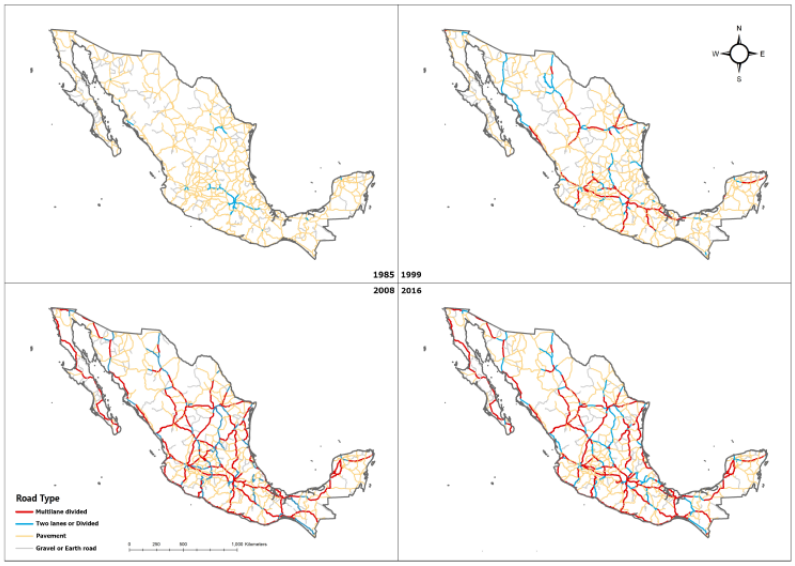


Figura 3.1: Estructura de carreteras usada. Fuente: Blankespoor et al. (2017).

Puede observarse un incremento en las carreteras con límites de velocidad mayores, lo que implica una mejora en los tiempos de traslado y por supuesto también en las distancias a recorrer.

3.2. Sectores económicos en México

En México la actividad económica se divide en tres grandes sectores

- Sector primario. Este sector abarca todas las actividades productivas que involucran la extracción y obtención de materias primas.
- Sector secundario. Este sector comprende las actividades productivas que se dedican al procesamiento y transformación de las materias en bienes y/o productos para el consumo.
- Sector terciario. Este sector engloba todas las actividades económicas relacionadas con los servicios, por lo que no produce bienes materiales.

Para este trabajo, en el caso del empleo se consideraron todos los sectores económicos en conjunto, pero para el caso de la especialización del trabajo aunque se consideraron los tres sectores económicos no se consideraron por completo o bien se dividió alguno en dos para eliminar algunos efectos que se pueden tener por cierto tipo de actividad económica.

La división de los sectores económicos usados para el cálculo del índice de especialización se da en las 4 siguientes subsecciones.

3.2.1. Comercio

El comercio es una actividad económica dentro del sector terciario. Particularmente para este trabajo se considero separarlo del resto de las demás actividades del sector terciario para identificar municipios que pueden estar especializados en esta actividad económica, y con ello permitir establecer de mejor manera la heterogeneidad que se puede presentar en los datos a nivel municipal.

En la figura 3.2 se presenta el número de empleados dedicados al comercio a nivel municipal para los años 2004, 2009 y 2014 como porcentaje del total de los empleados formales en cada municipio.

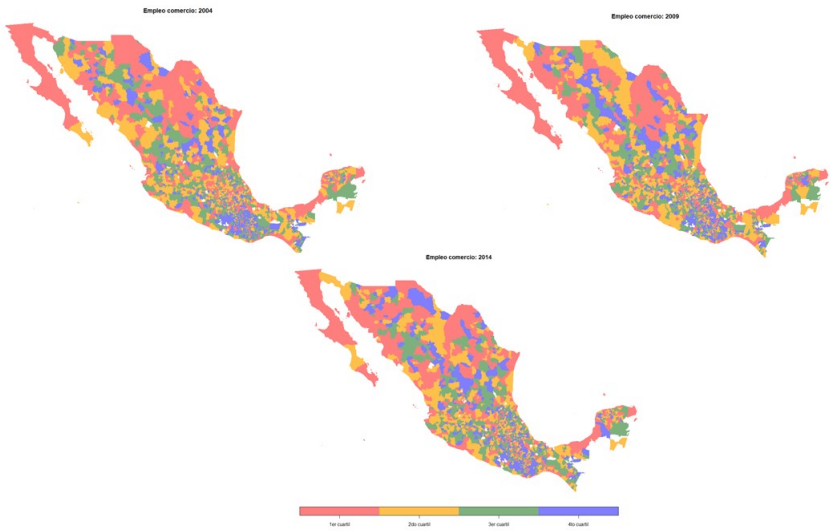


Figura 3.2: Porcentaje de empleados en una actividad económica directamente relacionada con el comercio con respecto del total de las personas empleadas en cada municipio. Los municipios se encuentran coloreados usando cuartiles centrales, el color azul es para el cuartil mas alto y el rojo para el mas bajo.

Podemos observar que la región suroeste del país presenta un gran número de municipios que se dedican en gran parte al comercio y no hay variación en el tiempo para estos municipios. Sin embargo, para la región norte si se logra reconocer un cambio de algunos municipios hacia economías basadas en el comercio.

Sin embargo, en la tabla 3.1 se puede observar el número de municipios en cada cuartil para cada uno de los años estudiados, y podemos ver que el número de municipios en cada cuartil cambia muy poco, por lo podemos establecer que no existe un cambio significativo en el número de municipios enfocados en el comercio pero si en su estructura geográfica.

3.2.2. Manufactura

El sector secundario de la economía comprende todos las actividades de transformación de materia prima. En este sentido, la actividad económica conocida como manufactura comprende todo este sector. La manufactura es una actividad muy importante en nuestro país, y tomó un papel muy importante después de la firma del TLCAN en 1994, puesto que se convirtió en la actividad principal en los municipios cercanos a la frontera con Estados Unidos.

Cuartil	2004	2009	2014
Primer cuartil	594	594	594
Segundo cuartil	585	594	594
Tercer cuartil	603	593	593
Cuarto cuartil	595	596	596

Tabla 3.1: Número de municipios en cada uno de los cuartiles para cada año de estudio.

En la siguiente figura 3.3 se presenta el número de empleados dedicados a la manufactura a nivel municipal para los años 2004, 2009 y 2014 como porcentaje del total de los empleados formales en cada municipio.

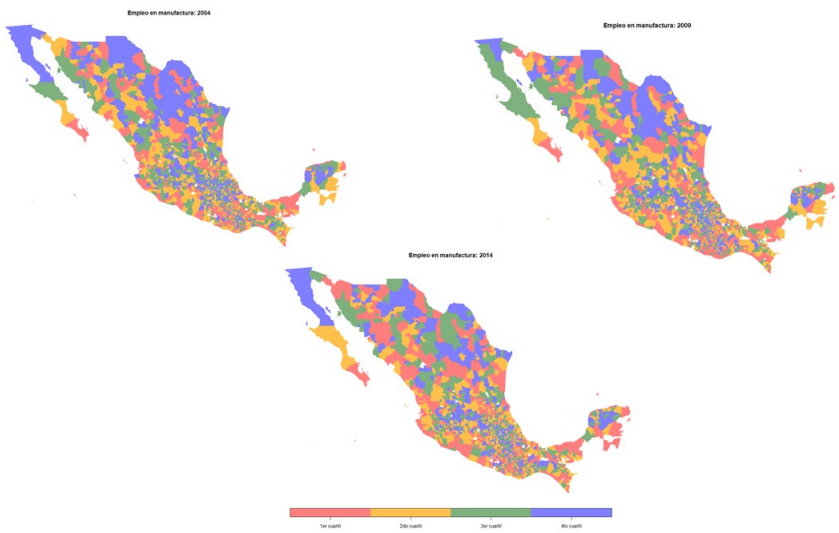


Figura 3.3: Porcentaje de empleados en manufactura con respecto del total de las personas empleadas en cada municipio. Los municipios se encuentran coloreados usando cuartiles centrales, el color azul es para el cuartil mas alto y el rojo para el mas bajo.

Puede observarse que se genera un cambio en la actividad en la que las personas se encuentran empleadas del 2004 al 2014 en el noreste del país, yendo de la producción manufacturera a tener un porcentaje mayor distribuido entre los otros sectores económicos.

Sin embargo como puede observarse en la tabla 3.2 no existe una variación en el numero

de municipios dedicados a la manufactura en cada cuartil central a lo largo del tiempo. En este caso puede deberse a que algunos municipios que se dedicaban a alguna actividad primaria han comenzado a procesar sus productos a través de alguna actividad de maquila.

Cuartil	**2004**	**2009**	**2014**
Primer cuartil	594	594	594
Segundo cuartil	594	594	594
Tercer cuartil	594	594	594
Cuarto cuartil	595	595	595

Tabla 3.2: Número de municipios en cada uno de los cuartiles para cada año de estudio.

3.2.3. Servicios

El sector terciario o sector de servicios incluye las actividades que no implican la producción de bienes material. En general las empresas que se encuentran dentro de este sector se dedican a la satisfacción de diferentes necesidades de las personas, por ejemplo servicios de salud, logística, telefonía.

Generalmente las empresas de este sector aprovechan los productos que se generan en los sectores primario y secundario para brindar su oferta incluyendo algún proceso que genere valor agregado a la transacción. Como se mencionó anteriormente, para desagregar el efecto que se puede derivar de la actividad comercial, el empleo considerado en el sector servicios no considera al personal empleado en actividades de comercio.

En la figura 3.4 se puede observar que las zonas con mayor personal empleado en el sector terciario a nivel municipal son municipios cercanos a la costa, esto puede deberse a que en esos municipios las principales actividades giran en torno al turismo. En general no se aprecian cambios suficientemente marcados como con las otras actividades económicas en el rubro de empleabilidad en esta actividad económica.

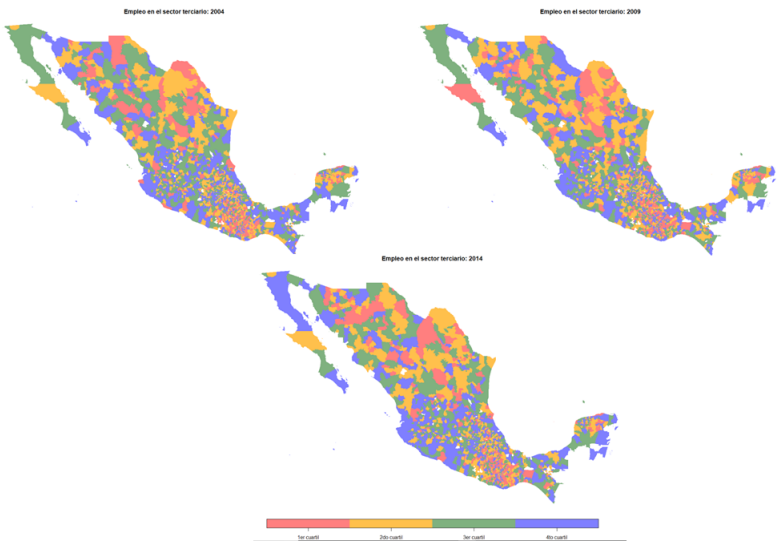


Figura 3.4: Porcentaje de empleados en el sector servicios (no comercio) con respecto del total de las personas empleadas en cada municipio. Los municipios se encuentran coloreados usando cuartiles centrales, el color azul es para el cuartil mas alto y el rojo para el mas bajo.

En este mismo sentido, en la tabla 3.3 se observa que no se encuentra una tendencia de cambio en el numero de municipios en cada cuartil central. Por lo que de ser un servicio distinto al comercio tiende a variar muy poco la oferta.

Cuartil	**2004**	**2009**	**2014**
Primer cuartil	594	594	594
Segundo cuartil	594	594	594
Tercer cuartil	594	594	594
Cuarto cuartil	595	595	595

Tabla 3.3: Número de municipios en cada uno de los cuartiles para cada año de estudio.

3.2.4. Minería

La minería es una actividad económica dentro del sector primario representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo

en forma de yacimientos.

De las actividades que conforman el sector primario es importante destacar el papel que la minería tiene, debido a que es una actividad que requiere un alto grado de especialización, razón por la que se consideró como base para verificar la especialización en el empleo por parte del sector primario.

Las otras actividades del sector primario no fueron consideradas porque se presentan de manera estacional, generalmente empleando al mismo personal para dos actividades similares pero en diferentes épocas del año lo que puede conllevar a generar dobles conteos y una pérdida de especialización.

En la figura 3.5 puede observarse como una gran parte de la actividad minera en el país ha estado disminuyendo a lo largo de todo el territorio nacional.

Figura 3.5: Municipios que se dedican a la minería en verde y municipios que no se dedican a la minería en azul para los años 2004 y 2014. La distinción se estableció usando como municipio dedicado a la minería si la población empleada era mayor a la media nacional.

De igual manera este hecho se puede corroborar en la tabla 3.4 donde se aprecia que el numero de empleados del sector minero ha disminuído casi a la mitad en 2014 comparado con su nivel de 2004 en el municipio.

Año	**Media**	**Máximo**
2004	51.59	14,881
2014	27.92	7,264

Tabla 3.4: Número de empleados en municipios que se dedican a la minería en México en los años 2004 y 2014

3.3. Índice de especialización de Krugman (KSI)

Como ya se estableció anteriormente la especialización del trabajo es un factor que puede resultar muy importante para impulsar la economía de una región, pero para ello se requiere establecer buenas métricas para saber si existe especialización en una región y en que grado se encuentra especializada dicha región.

En Palan (2010) se detallan una gran variedad de indicadores que permiten identificar especialización en una región. Cada indicador tiene sus ventajas y desventajas, y se encuentran basados en diferentes niveles de especialización. Para este trabajo, al igual que en Blankespoor et al. (2017) se hace uso del índice de especialización de Krugman para establecer el grado de especialización de los municipios.

El índice de especialización de Krugman (KSI) verifica si existen desviaciones con respecto a la media nacional con respecto a cada actividad económica y sumando el valor absoluto de dichas desviaciones, lo que implica que a mayores desviaciones de la media nacional se presenta algún grado de especialización.

Dicho indicador se define de la siguiente manera

$$KSI_m = \sum_{i=1}^{I} |S_{m,i} - \bar{S}_i|$$

donde

$S_{m,i}$ es la producción o el empleo de la industria i en la localidad m.
$\bar{S}_i$ Es el promedio de acción en el mercado de la industria i.
I es el número de industrias.

En la figura 3.6 se muestran los municipios clasificados por nivel de especialización bajo el criterio del índice de especialización de Krugman. Puede observarse que la región cercana a la frontera regularmente tiene un alto grado de especialización así como también la región suroeste del país y esta observación tiende a mantenerse en el tiempo.

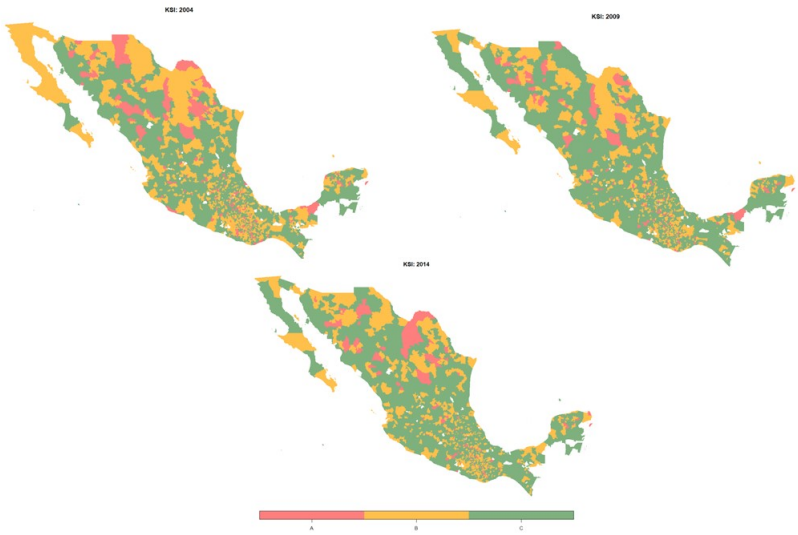


Figura 3.6: Municipios por nivel de especialización de acuerdo al índice de Krugman. Las regiones en rojo son las regiones más especializadas mientran que las regiones en verde son las menos especializadas. Los puntos de corte coinciden con los establecidos en Blankespoor et al. (2017).

Por su parte, en la tabla 3.5 se puede observar que el número de municipios más especializados ha tendido a disminuir con el avance del tiempo, teniendo economías con actividades más desviadas de los niveles de la media nacional.

KSI	**2004**	**2009**	**2014**
$x \leq 0.35$	1209	1461	1484
$0.35 < x < .75$	928	743	730
$x \geq 0.75$	240	173	163

Tabla 3.5: Numero de municipios por nivel de especialización de acuerdo al índice de Krugman.

Una consecuencia de este hecho es que no se tiene acceso completo a los beneficios que la especialización puede generar en los municipios. Otro hecho importante es que aún cuando el municipio se considere especializado bajo este enfoque no quiere decir que se esten obteniendo los beneficios de la especialización en dichos municipios.

Lo anterior puede deberse principalmente ha que no se ha generado una mentalidad

empresarial en los productores de dichos municipios por lo que la actividad se mantiene de manera individual por lo que no se terminan de desarrollar las redes de vinculación entre los distintos actores dentro de la economía municipal.

3.4. Distancia a la frontera norte

Como ya se estableció anteriormente para establecer la relación comercial que se tiene con Estados Unidos y teniendo en consideración la realidad geográfica que se tiene en el país, se hizó uso de la distancia de cada municipio al punto mas cercano a la frontera norte usando la distancia-carretera para establecer su relación con el empleo y la especialización del trabajo.

Esta variable se considero para tomar en cuenta la construcción y mejora de la infraestructura carretera. En la figura 3.7 se muestra la distribución de distancias a la frontera con Estados Unidos para el año 2004 en escala logarítmica, no se muestran los otros años debido a que en una mapa no se logran ver diferencias notables a menos que la escala se haga mucho mas granular.

Sin embargo, la media de la infraestructura carretera en escala logarítmica para 2004 es de 0.7074946 mientras que para 2014 es de 0.7077541, de igual forma sus desviaciones estándar son de 0.2271172 y de 0.2267717 respectivamente, lo cual indica que si se generaron proyectos de infraestructura carretera a lo largo de este periodo.

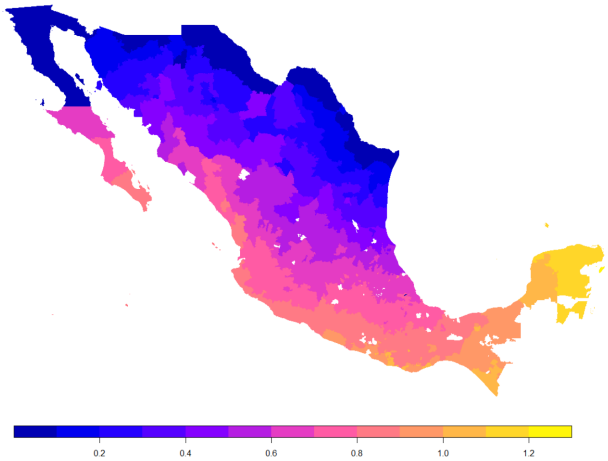


Figura 3.7: Distancia-carretera de municipios a la frontera con Estados Unidos. Se muestra la distribución de distancias para 2004 en escala logarítmica.

3.5. Variables de control

Debido a la heterogeneidad que se presenta entre los municipios se debieron establecer variables de control para considerar dicha heterogeneidad y evitar generar mas ruido dentro del modelo. Para esto, se consideraron 3 variables de control:

- Se consideró si un municipio es capital del estado, debido a que dentro de los estados generalmente estos municipios son los que acaparan gran parte de la actividad económica del estado, por lo que es importante establecer el efecto que tiene esta variable.
- Si un municipio se dedica a la actividad petrolera puesto que esta actividad genera procesos de especialización dirigidos hacia esta industria debido a su capacidad de generación de ingresos.
- Se utilizó el porcentaje de personajes con educación superior en el municipio para establecer si existe una relación entre esta variable y las que queremos explicar.

Estas tres variables fueron utilizadas en los modelos como variables dummy y a través de una interacción multiplicativa con la variable de distancia para tener en cuenta los efectos conjuntos de la distancia y estas variables.

Aunque en el caso de las capitales su número no cambia en el tiempo ni tampoco el de los municipios petroleros puesto que no se encontraron nuevos yacimientos en este periodo, la variable de porcentaje de población con educación superior si ha cambiado.

En la tabla 3.6 se muestra la distribución del porcentaje de la población con educación superior a nivel municipal para los diferentes años del periodo en cuestión. Debe observarse que en general este porcentaje ha estado aumentando conforme pasa el tiempo, lo cual es un indicador tanto de una mayor oferta de programas de educación superior como de un mayor reconocimiento por parte del posible efecto que tiene la educación superior en el ingreso familiar.

	Mínimo	**Media**	**Mediana**	**Máximo**
% población con educ. sup. 2004	0	0.0528	0.0382	0.4915
% población con educ. sup. 2009	0	0.0679	0.0515	0.5727
% población con educ. sup. 2014	0.0012	0.1239	0.1079	0.6214

Tabla 3.6: Porcentaje de la población que cuenta con educación superior a nivel municipal para los años 2004, 2009 y 2014.

Capítulo 4

Regresión lineal espacial

En este capítulo se presenta la técnica que dará fundamento al trabajo: Regresión espacial para datos de tipo panel. Pero antes de entrar en materia de dicha técnica se iniciara hablando de la importancia de la correlación espacial para los métodos de regresión y se explicará el funcionamiento de la regresión espacial para datos de sección cruzada lo cual nos permitirá usar esto como base para comprender mejor la versión para panel de datos.

4.1. Correlación espacial

Uno de los supuestos básicos de la regresión lineal es que los residuos obtenidos por el modelo usado deben ser estadísticamente independientes, es decir, $E(\epsilon_i\epsilon_j) = E(\epsilon_i)E(\epsilon_j) = 0$ por lo que la modelación se simplifica al tener la forma

$$y_i = X_i\beta + \epsilon_i$$

$$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2), \quad i = 1, ..., n$$

Pero en el caso de presentarse dependencia espacial en los datos el supuesto mencionado anteriormente se rompe y por tanto, de mantenerse el mismo sentido de la modelación que la usada para la regresión lineal simple se complicaría. Por ejemplo, considerando sólo dos regiones que tienen una dependencia espacial tendríamos una modelación como la siguiente

$$y_i = \alpha_i y_j + X_i\beta + \epsilon_i$$

$$y_j = \alpha_j y_i + X_j\beta + \epsilon_j$$

$$\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2), \quad i = 1$$

$$\epsilon_j \sim N(0, \sigma^2), \quad j = 2$$

Esto implica resolver simultáneamente ambos modelos, y en general si se tienen n posibles relaciones de dependencia espacial tendríamos $n^2 - n$ posibles modelos que

deberíamos resolver simultáneamente. Esto debido a que restamos las relaciones de las observaciones consigo mismas debido a que no tienen ninguna relevancia espacial y pueden ser capturadas directamente en el modelo que las tienen específicamente como variables respuesta.

4.2. Matriz de distancias

Para enfrentar el problema anteriormente descrito se planteo una modelación autoregresiva. Para ello, se hace uso de una matriz de distancias que indica una relación de cercanía entre los posibles vecinos, donde bien pueden definirse distancias directas o hacer uso de algún tipo de métrica de similaridad (disimilaridad) que permite establecer la vecindad espacial entre las observaciones.

El caso más simple de este tipo de matrices es el mismo que el usado en la teoría de gráficas para indicar adyacencia, esto es, indicando un uno si el nodo es vecino de otro y un cero en caso contrario.

En la practica es usual que se estandaricen los pesos de dicha matriz de manera que la suma de los pesos en cada fila de la matriz sea 1. Esto último se hace generalmente para tener una mejor interpretación del proceso autoregresivo. Por ejemplo, si se define $L(y) = W \times y$, con W la matriz de pesos estandarizados entonces

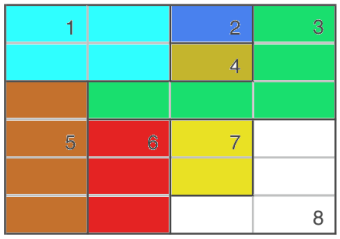
$$L(y_i) = \sum_{j=1}^{n} w_{ij}^{*} y_j = \sum_{j=1}^{n} \frac{w_{ij} y_j}{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}} = \frac{\sum_{j \in N(i)} y_j}{\#N(i)}$$

definido de esta forma $L(y_i)$ representa el promedio de la variable y observado en todas las localizaciones que son vecinos a la localización i.

Un ejemplo simple de matrices de distancias se presenta en la figura 4.1, donde el inciso (a) representa un sistema de ocho regiones irregulares mientras que los demás incisos representan distintas matrices de distancias W calculadas a partir de dicho sistema bajo distintos criterios: (b) adyacencia, (c) vecino más cercano y (d) distancia< 2. Las distancias son medidas con base en los centroides de las regiones.

4.3. Prueba de Moran

Como ya se mencionó anteriormente, la dependencia espacial puede verse directamente en los residuos al realizar una regresión lineal. Para ello, usualmente se hace uso de la prueba de autocorrelación espacial de Moral, que tiene como hipótesis nula que no hay correlación entre los residuos de la regresión, pero que no tiene una hipótesis alternativa explícita.



(a)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	1	0	0	0	0
3	1	1	0	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	0	1	0	1	0	1	1
7	0	0	1	0	0	1	0	1
8	0	0	1	0	0	1	1	0

(b)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0

(c)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1	0	1	0	0	0	0
2	1	0	1	1	0	0	0	0
3	0	1	0	1	0	0	0	0
4	1	1	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	1	0
6	0	0	0	0	1	0	1	0
7	0	0	0	0	1	1	0	1
8	0	0	0	0	0	0	1	0

(d)

Figura 4.1: Ejemplos de matrices de distancias. El inciso (a) corresponde la región a la cual se le quiere obtener la matriz de distancias, los incisos (b),(c) y (d) corresponden a matrices de distancias correspondientes a la región en el inciso (a) bajo distintos criterios: adyacencia, vecino más cercano y distancia<2 respectivamente. Fuente: Arbia (2014).

Algo que cabe indicar es que la prueba de autocorrelación para series de tiempo conocida como Durbin-Watson se publicó en el mismo año que la de Moran y puede ser considerada un caso particular de ésta última, una prueba de esto puede encontrarse en Arbia (2006). La forma de la prueba de Moran es la de una correlación entre los residuos de la regresión y sus valores espacialmente rezagados

$$corr(\epsilon, L\epsilon) = \frac{cov(\epsilon, L\epsilon)}{\sqrt{var(\epsilon)var(L\epsilon)}}$$

asumiendo que

$$var(\epsilon) = var(L\epsilon)$$

tenemos que

$$corr(\epsilon, L\epsilon) = \frac{cov(\epsilon, L\epsilon)}{var(\epsilon)} = \frac{\epsilon^T W \epsilon}{\epsilon^T \epsilon}$$

Existen versiones mas especializadas de esta prueba, ya que como se indico la prueba

de Moran no tiene una hipótesis alternativa explícita. Dichas versiones contienen como hipótesis alternativas el tipo de dependencia espacial que se espera probar por lo que se puede elegir el modelado correcto a partir del uso de dichas pruebas.

4.4. Modelos de regresión lineal espacial

Como se estableció en la introducción del capítulo, primero se discutirán los modelos de uso para datos de tipo sección cruzada. Esto es, modelos que incorporan la información de varios sujetos u objetos pero considerando que todas las observaciones se encuentran tomadas en el mismo punto en el tiempo.

En nuestro caso, pueden ser observaciones correspondientes a distintas localizaciones como municipios o estados, pero pensando que todas ellas fueron tomadas de manera simultánea. Esto nos sirve para permitirnos comparar el efecto de algunas variables sobre dichas localizaciones en un punto específico del tiempo.

Consideraremos un modelo en su forma más general de manera que se viole el supuesto de independencia en los residuos debido a la presencia de autocorrelación espacial. Dicho modelo tiene la forma

$$\begin{aligned} y &= \lambda W y + X\beta_{(1)} + WX\beta_{(2)} + u && |\lambda| < 1 \\ u &= \rho W u + \epsilon && |\rho| < 1 \end{aligned}$$

donde X es una matriz de regresores, W es la matriz de distancias o pesos dada de manera exógena, y $\beta_{(1)}, \beta_{(2)}, \lambda, \rho$ los parámetros a estimar. Las restricciones sobre los parámetros λ y ρ se deben tener si la matriz de distancias se encuentra estandarizada por filas. Y además de esto, se debe cumplir que $\epsilon|X = i.i.d.\ N(0, \sigma_\epsilon^2 I_n)$.

Cabe mencionar que la matriz W que aparece 3 veces en ambas ecuaciones puede no ser igual en los tres casos. Sin embargo, regularmente es complicado justificar el caso en que se deba tener distintas matrices de pesos.

Una observación con respecto a las ecuaciones definidas anteriormente es que pueden ser reescritas como

$$\begin{aligned} y &= (I - \lambda W)^{-1}[X\beta_{(1)} + WX\beta_{(2)} + u] \\ u &= (I - \rho W)^{-1}\epsilon \end{aligned}$$

siempre que ambas inversas existan. Para asegurar la existencia de dichas inversas se hace referencia al trabajo de Kelejian et al. (2004) que indica que bajo el supuesto de

que la matriz de distancias esta normalizada por filas entonces dichas matrices inversas existen al cumplir las restricciones $|\rho| < 1$ y $|\lambda| < 1$.

Asimismo, el modelo descrito anteriormente es conocido como SARAR(1,1), o bien como *modelo autorregresivo con estructura adicional de error autorregresiva.*

Restringiendo por casos los parámetros a estimar para que algunos de ellos sean cero se pueden obtener otros modelos que pueden considerarse más simples:

- Si $\beta = 0$ y $\lambda = 0$ o $\rho = 0$, se conoce como Modelo Autorregresivo Espacial Puro.
- Si $\lambda = \rho = 0$, se le llama Modelo de Variable Independiente Rezagada.
- $\lambda \neq 0$, $\rho = 0$ es un Modelo de Rezago Espacial.
- $\lambda = 0$, $\rho \neq 0$ es conocido como Modelo de Error Espacial (SEM).
- $\lambda, \rho \neq 0$ se conoce como SARAR.

Es importante establecer la existencia de estos cinco casos puesto que cada uno tiene sus pecularidades para establecer una solución y permitir el cálculo de los parámetros. Aunque todos ellos pueden ser resueltos basándose en un enfoque de maximización de la función de verosimilitud, en algunos casos se puede hacer uso de otros enfoques como mínimos cuadrados en dos etapas o mínimos cuadrados generalizados factibles que pueden representar una ligera ventaja con respecto a la versión de máxima verosimilitud.

4.5. Modelos espaciales de panel de datos

Los datos de panel espacial son un caso especial de datos de tipo panel en el que las observaciones se encuentran indexadas en dos dimensiones: a lo largo de las diversas unidades espaciales que se quieren estudiar y con respecto al tiempo, un tratamiento mas amplio de este tema se puede encontrar en Elhorst (2014) y en Hsiao (2014).

Este tipo de especificación del modelo permite tener un mayor control con respecto a posibles tendencias que se pueden presentar en los datos ya sea por cuestiones espaciales como temporales.

En Hsiao (2013) se establecen 3 ventajas principales de los modelos de panel de datos sobre los de sección cruzada así como varios ejemplos que respaldan estos hechos:

- **Mayor precisión en la inferencia sobre los parámetros del modelo.** Los modelos de panel de datos contiene mas grados de libertad y mayor variabilidad que los de sección cruzada lo que mejora la eficiencia de los estimaciones econometricas.

- **Mayor capacidad para capturar la complejidad del comportamiento humano.** Al permitir la incorporación de más dimensiones que los datos de sección cruzada permite establecer patrones muchos más generales.
- **Simplificación computacional y de la inferencia estadística** En algunos casos particulares como en el caso del análisis de series de tiempo no estacionarias donde los estimadores de máxima verosimilitud ya no siguen una distribución normal, si se agrega información de sección cruzada y entre dichas unidades de sección cruzada existe independencia se puede hacer uso del Teorema del Límite Central para mostrar que las distribuciones limite permanecen asintóticamente normales.

Para comprender mejor el modelo espacial de panel de datos analizaremos la versión no espacial primero, para mas detalles puede consultarse Wooldridge (2010) o Hsiao (2013). El modelo general para el caso no espacial tiene la forma

$$y_{it} = \alpha + \beta^T X_{it} + \epsilon_{it} \quad i = 1, ..., n, \quad t = 1, ..., S$$

donde i se refiere a los individuos a analizar, t al índice de tiempo, α y β son los parámetros a estimar y ϵ_{it} el término de innovaciones que debe cumplir que $\epsilon|X = i.i.d.\ N(0, \sigma_\epsilon^2 I_n)$.

Para modelar la heterogeneidad individual regularmente se debe asumir que el término de error esta separado en dos componentes, con uno de ellos específico de los individuos y que no cambia con el tiempo. Para que esto suceda el modelo toma la siguiente forma

$$y_{it} = \alpha_i + \beta^T x_{it} + u_{it} = \alpha_i + \beta^T x_{it} + (\mu_i + \epsilon_{it})$$

donde el término μ_i representa el componente de error individual y el término ϵ_{it} representa el componente de error idiosincrático. Éste último se asume que es bien comportado e independiente tanto de las variables independientes como del componente de error individual Wooldridge (2010).

El método de estimación apropiado para el modelo anterior va a depender de las propiedades de los dos componentes de error en el modelo. Si el componente de error individual esta correlacionado con las variables independientes, el estimador de mínimos cuadrados ordinarios β sería inconsistente, por lo que regularmente se trata a μ_i como un conjunto de n parámetros a ser estimados como si se considerara en el modelo general tener n interceptos. En este caso a este tipo de modelos se les conoce como de *efectos fijos*. De manera inversa, es decir, en el caso en que no haya correlación entre las variables independientes y el componente de error individual entonces se conoce como modelo de *efectos aleatorios*, un tratamiento mas amplio de esto puede encontrarse en Elhorst (2014) o en Arbia (2014).

De igual manera que la descrita anteriormente, en el caso de los modelos de panel

de datos espaciales también se tiene esta distinción entre modelos de efectos fijos y modelos de efectos aleatorios. Y dependiendo de la especificación del modelo se va a tener un método distinto de calcular los parámetros que nos interesan.

Sin embargo, la literatura de econometría espacial se encuentra caracterizada por usar como punto de partida la especificación de efectos aleatorios en lugar de la especificación de efectos fijos, puede verse en Elhorst (2014) para tener referencia de varios de estos trabajos.

4.5.1. Modelos de panel de datos espaciales con efectos aleatorios

Como ya se estableció anteriormente en una especificación de efectos aleatorios, los efectos individuales no observados son asumidos como no correlacionados con las otras variables explicativas del modelo, y por lo tanto pueden ser consideradas como parte del término de error.

En el contexto espacial de modelos de efectos aleatorios se consideran tres subespecificaciones: el Modelo de Error Espacial con Efectos Aleatorios (SEM-RE), el Modelo KKP y el Modelo de Efectos Aleatorios con Rezago Espacial para mas detalles de estos modelos puede consultarse Arbia (2014). En términos prácticos el modelo SEM-RE es muy costoso computacionalmente por lo que no se considerara como parte de las subespecificaciones a modelar, pero se detalla un poco en las siguientes líneas para cubrir la teoría de las tres subespecificaciones.

Modelo de Error Espacial con Efectos Aleatorios (SEM-RE)

Este tipo de modelo asume que $\mu_i \sim i.i.d.N(0, \sigma_\mu^2)$ y que el término de error idiosincrático ϵ obedece a una formulación de Error Espacial, de manera que para cada momento del tiempo (t=1,...,S), tenemos que

$$\epsilon_{it} = \rho W \epsilon_{it} + \eta_i$$

de manera que como consecuencia directa tendremos que $\epsilon_{it} = (I_n - \rho W)^{-1}\eta_i$. Así al definir $B = (I_n - \rho W)$ con I_n la matriz identidad de tamaño $n \times n$, W la matriz de distancias y ρ el parámetro de dependencia del error espacial. Por lo que para todo el panel el componente de error idiosincrático se escribe como

$$\epsilon = (I_S \otimes B^{-1})\eta$$

con η un vector de tamaño nS tal que $\eta \approx n.i.d.N(0, \sigma_\eta^2)$. Debido a lo anterior, tenemos que el término de error compuesto $u_i = \mu_i + \epsilon_{it}$ se puede escribir de forma compacta de la siguiente manera

$$u = (i_S \otimes I_n)\mu + (I_S \otimes B^{-1})\eta$$

con i_S un vector de unos de dimensión S. Si definimos $J_S = i_S i_S^T$ como una matriz de $S \times S$ de unos. De aquí tendremos que la matriz de covarianzas del error compuesto puede entonces ser escrita como

$$_{nS}\Omega_{nS} = \sigma_\mu^2 (J_S \otimes I_n) + \sigma_\eta^2 (I_S \otimes B_n^T B_n)^{-1}$$

que nos permitirá derivar la función de verosimilitud que requerimos, el cálculo explícito de la función se puede encontrar en Elhorst (2014).

La especificación KKP

Una forma alternativa para modelar los errores fue considerada por Kapoor et al. (2007). En esta alternativa se asume que tanto a los efectos individuales como a los otros componentes de error se les puede aplicar una estructura de correlación espacial. En este sentido, el término de error compuesto $u = (i_S \otimes I_n)$ se asume que sigue un proceso autorregresivo espacial de primer orden de la forma

$$u = \rho(I_S \otimes W)u + \eta$$

a partir de aquí se puede obtener la matriz de covarianzas del error compuesto u que se expresa en forma abreviada como

$$_{nS}\Omega_{nS} = (I_S \otimes B^{-1})\Omega_\epsilon (I_S \otimes B^{-S})$$

con $\Omega_\epsilon = \sigma_\mu^2 J_S + \sigma_\eta^2 I_S \otimes I_n$.

Modelo de Efectos Aleatorios con Rezago Espacial

Esta subespecificación es una extensión natural del caso espacial presentado anteriormente pero incorporando la estructura de panel de datos, por lo que el término del rezago espacial tiene en esencia la misma interpretación que en el caso espacial de sección cruzada.

4.5.2. Modelos de panel de datos espaciales con efectos fijos

Tal como se indicó anteriormente, si los efectos individuales no se encuentran correlacionados con las variables independientes, entonces dichos efectos pueden ser considerados como componentes del término de error y caracterizados como un modelo de efectos aleatorios. Pero al considerar que existe una correlación de los efectos individuales con las variables independientes entonces los coeficientes obtenidos usando mínimos cuadrados generalizados se vuelven inconsistentes.

En este caso, para obtener una buena estimación se requiere estimar cada uno de los

efectos individuales por separado o bien eliminar dichos efectos generando algunas diferencias en los datos, siendo este último procedimiento conocido como *time-demeaning*.

Este procedimiento de *time-demeaning* consiste en transformar los datos restando la media temporal a cada observación con el fin de eliminar los efectos espaciales individuales, por lo que tendremos las nuevas variables

$$y_{it}^* = y_{it} - \frac{1}{S}\sum_{t=1}^{S} y_{it} \quad y \quad x_{it}^* = x_{it} - \frac{1}{S}\sum_{t=1}^{S} x_{it}$$

con dicha transformación impuesta es posible hacer uso de los métodos de estimación estándar para el Modelo Rezago Espacial o bien para el Modelo de Error Espacial.

4.5.3. Estimación de los parámetros

Para todas las especificaciones mencionadas anteriormente se pueden estimar sus parámetros a través del Método de Maximización de la Función de Verosimilitud. Aunque también puede usarse el Método Generalizado de Momentos para estimar los parámetros, en el caso de los modelos de efectos aleatorios no es posible usarlo más que en el caso de KKP, por lo que sólo se considerara para efectos de este trabajo el uso del método de Máxima Verosimilitud (MV).

Los métodos de estimación que a continuación se describirán pueden ser consultados en Elhorst (2003) para mas detalles técnicos sobre su funcionamiento.

Modelos de efectos fijos

Primero consideraremos el Modelo de Rezago Espacial, para ello debemos definir $B = (I_n - \lambda W)$ con λ, W y I_n definidas como hasta ahora. El método de estimación consiste en una estimación iterativa, para ello primero generamos los vectores X^* y y^* usando la técnica de *time-demeaning*.

A partir de aquí consideramos los residuales derivados del modelo con un filtro espacial sobre y definido como

$$\eta^* = (I_S \otimes B)y^* - X^*\beta$$

Ahora tenemos que la verosimilitud concentrada con respecto a β y σ_η^2 es

$$l = c - \frac{nS}{2}ln(\sigma_\epsilon^2) + Sln|B| - \frac{nS}{2}ln(\eta^{*T}\eta^*)$$

donde c es una constante, entonces podemos maximizar dicha función con respecto a λ. Con este valor máximo de λ procedemos a utilizar Mínimos Cuadrados Generalizados, imponiendo las siguientes condiciones de primer orden

$$\hat{\beta} = (X^{*T}X^*)^{-1}X^*(I_S \times B)y^*$$

y

$$\sigma_\eta^2 = \frac{\eta^{*T}\eta^*}{nS}$$

y estos nuevos valores son reemplazados en la expresión de los residuales que se mencionó anteriormente. Este proceso se mantiene iterando hasta que se obtiene convergencia o se alcanza un punto de paro.

Ahora para el caso del Modelo de Error Espacial se puede seguir un procedimiento casi idéntico pero considerando ahora la nueva ecuación de residuales

$$\eta^* = (I_S \otimes A)y^* - X^*\beta$$

con $A = (I - \rho W)$, y la función de verosimilitud concentrada con respecto a β y σ_η^2

$$l = c - \frac{nS}{2}ln(\sigma_\eta^2) + Sln|A| - \frac{nS}{2}ln(\eta^{*T}\eta^*)$$

y ahora maximizando esta función con respecto a ρ procedemos a usar Mínimos Cuadrados Generalizados imponiendo las siguientes condiciones de primer orden

$$\hat{\beta} = (X^{*T}X^*)^{-1}X^*y^*$$

y

$$\sigma_\eta^2 = \frac{\eta^{*T}\eta^*}{nS}$$

estos nuevos valores se sustituyen en la ecuación de residuales y se sigue el proceso de manera iterativa hasta alcanzar algún tipo de convergencia.

Modelos de efectos aleatorios

En el caso de estos modelos se considera una transformación parcial de datos (*partial time-demeaning*) con el fin de eliminar la estructura de los efectos aleatorios y con ello poder aplicar los métodos estándar para modelos de rezago espacial o error espacial.

La función de general de verosimilitud en el caso de los modelos de rezago espacial con efectos aleatorios combinada con una estructura de covarianza del error (Σ) es

$$l = c - \frac{nS}{2}ln(\sigma_\eta^2) + \frac{1}{2}ln|\Sigma| + Sln|B| - \frac{1}{2\sigma_\eta^2}\frac{|(I_S \otimes B)y - X\beta|^T\Sigma^{-1}|(I_S \otimes B)y - X\beta|}{nS}$$

con Σ la matriz de covarianzas del error compuesto.

Con esto se inicia un proceso iterativo para calcular los estimados de máxima verosimilitud para los parámetros desconocidos. Para ello, se dan valores iniciales para λ y

los parámetros de covarianza del error compuesto. Con esto se obtienen valores para β y σ_η^2 a partir de las condiciones de primer orden

$$\hat{\beta} = (X^T\Sigma^{-1}X)^{-1}X^T\Sigma^{-1}(I_S \otimes B)y$$

y

$$\sigma_\eta^2 = \frac{|(I_S \otimes B)y - X\beta|^T\Sigma^{-1}|(I_S \otimes B)y - X\beta|}{nS}$$

Tanto para el caso de la especificación KKP como para $SEM - RE$ se sigue esta misma idea pero se hace una distinción recordando que el término de error compuesto en ambas es distinto, para más detalles de esto se puede consultar Arbia (2014).

Capítulo 5

Análisis de resultados

Debido a la relación comercial México-EE. UU. que se suscitó a partir de 1994 con la firma del TLCAN, se han realizado diversos estudios para conocer el impacto POS-TLCAN en la economía mexicana. En este sentido, y con base en el trabajo de Blankespoor et al. (2017), se explora la posible relación entre la distancia entre municipios a la frontera con EE. UU. con respecto al empleo y la especialización del trabajo.

Debido a este último hecho se generaron dos modelos una para establecer la relación de la distancia mencionada con el empleo, y otro para considerar la especialización del trabajo considerando para esto el índice de especialización de Krugman.

Para esto se consideró generar un modelo pooling como modelo base, y después se consideró utilizar algunas pruebas estadísticas para establecer la correcta modelación de los datos tomando en cuenta la estructura espacio-temporal de los datos.

5.1. Modelos básicos

Como ya se estableció en el tercer capítulo, las variables de control a utilizar en el modelo son variables indicadoras (dummies) para el caso en que un municipio sea una capital estatal, para el caso en que sea un municipio productor de petroleo y por último cuando el municipio tenga un porcentaje de población con educación superior mayor que la mediana nacional.

De esta manera los modelos usados sin considerar la parte espacial tiene la forma

$$\begin{aligned} Y =& \beta_1 distEEUU + \beta_2 distEEUU \times oil + \\ & \beta_3 distEEUU \times hedu + \beta_4 distEEUU \times cap + \beta_5 hedu + u \end{aligned}$$

para el caso de la especialización del trabajo. Para el empleo se considero el siguiente

modelo

$$\begin{aligned} Y =& \beta_1 distEEUU + \beta_2 distEEUU \times oil + \\ & \beta_3 distEEUU \times hedu + \beta_4 distEEUU \times cap + u \end{aligned}$$

donde

Y es la variable respuesta (KSI o empleo).
distEEUU distancia a la frontera.
oil dummy municipio petrolero.
hedu dummy porcentaje de personas con educación superior
cap dummy municipio-capital.

Para ambos modelos se considero tomar la variable respuesta con una transformación logaritmica y también a la variable de distancia a EE. UU. con el fin de que los resultados obtenidos se puedan interpretar como una elasticidad.

Además para la modelación con panel de datos espaciales se considero solo hacer uso de la estimación de parametros a través de Máxima Verosimilitud, debido a que en algunos casos es posible usar alguna alternativa como el Método de Momentos para este propósito pero no todas las subespecificaciones pueden ser calculadas a través de este método pero si por Máxima Verosimilitud.

5.2. Modelo Pooling

Como primera etapa se planteó tener realizar un modelo tipo pooling para poder hacer la comparación de este modelo con respecto al que hace uso de la información temporal, de sección cruzada y espacial para observar si existe una mejora realmente.

Un modelo tipo pooling es muy común en la literatura de modelos de panel de datos, por ejemplo en Wooldridge (2010). Esta clase de modelos desprecia todo la estructura de panel de datos y genera un modelo OLS con los N x T datos, por lo que tampoco considera la estructura de efectos fijos o aleatorios.

Usando esta configuración para el modelo de especialización del trabajo en la tabla 5.1 se detallan los resultados de los coeficientes del modelo. Aunque el modelo se encuentra bien definido pues todas las variables son estadísticamente significativas, pero tanto el estadístico F tiene un p-value de 1 como la R^2 ajustada es de 0.007, indicándonos que este modelo en general no esta traduciendo la información contenida en los datos en una forma lineal.

Por su parte en la tabla 5.2 se presentan los resultados para los coeficientes del modelo pooling para el empleo. En este caso no todas las variables se presentan con significancia

Modelo pooling: Especialización del trabajo			
Coeficientes	Estimado	P-value	
beta_1	0.418	<2.2e-16	***
beta_2	0.166	0.002	**
beta_3	-0.518	<2.2e-16	***
beta_4	0.055	0.025	*
beta_5	0.345	<2.2e-16	***

Tabla 5.1: Modelo pooling para la especialización del trabajo. Se usan los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

estadística y de igual manera se presenta un estadístico F con p-value muy alto de 1 y una R^2 muy pequeña de 0.051 indicando al igual que en el modelo anterior que la regresión no logra capturar debidamente la información para indicar una relación lineal.

Modelo pooling: Empleo			
Coeficientes	Estimado	P-value	
beta_1	6.653	<2.2e-16	***
beta_2	1.166	0.1839	
beta_3	3.363	<2.2e-16	***
beta_4	5.234	<2.2e-16	***

Tabla 5.2: Modelo pooling para el empleo. Se usan los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Es importante tener estos modelos como benchmark para indicar si realmente la modelación usando la estructura de panel de datos espacial realmente muestra una mejora significativa.

5.3. Pruebas para selección de modelo

Debido al tipo de estructura de datos que se tiene que trabajar los procesos de estimación de parametros son muy pesados computacionalmente y pueden requerir bastante

tiempo. Debido a esto, es importante considerar una estrategia para la elección del modelado correcto considerando la especificación de los datos ya sea de efectos fijos o aleatorios.

Aparte de esto, es importante considerar si el modelo requiere tener la estructura espacial o no para poder justificar el uso de modelos de panel de datos espaciales.

Para considerar estos casos se implementaron pruebas estadísticas para considerar la especifiación correcta para el modelo así como para establecer si el modelo requería o no una estructura espacial para obtener una mayor explicación de la varianza.

Pruebas LM

Las pruebas de multiplicadores de Lagrange son bien conocidas en el mundo de la modelación de panel de datos y desde el trabajo de Breusch y Pagan (1980) se han usado para probar si el modelado requiere de considerar efectos aleatorios o no.

Una de las ventajas principales de estas pruebas es que no requieren calcular el modelo como tal, sino que sólo se requieren los residuales de un simple OLS por lo que suelen ser mas rápidas de calcular que varias otras pruebas que si requieren los residuales del modelo directamente.

Una desventaja de estas pruebas es que pueden llegar a ser muy sensibles en la variación de los datos ya que solo depende de la muestra de datos en cuestión, por lo que son útiles para una primera inspección pero es importante realizar una prueba más robusta después para corroborar los resultados de estas pruebas.

Los estadísticos que se utilizan para estas pruebas son

$$LM_1 = \sqrt{\frac{NT}{2(T-1)}G} \quad y \quad LM_2 = \sqrt{\frac{N^2T}{b}H}$$

con $G = \hat{u}^t(J_T \otimes I_N))\hat{u}/\hat{u}^t\hat{u} - 1$, $H = \hat{u}^t(I_T \otimes (W + W^t)/2)\hat{u}/\hat{u}^t\hat{u}$, $b = tr(W + W^t)^2/2$ donde $\hat{u}$ son los residuales del modelo OLS calculado.

Para este trabajo en particular se utilizaron versiones estandarizadas de estas pruebas

$$SLM_j = \frac{LM_j - E(LM_j)}{\sqrt{var(LM_j)}}$$

puesto que estas versiones convergen más rápidamente y tienden a ser un poco más robustas que las originales. Detalles de esta forma del estadístico pueden consultarse en Baltagi et al. (2003).

Con estas versiones estandarizadas la prueba LM_1 prueba si el modelo tiene estructura de no efectos aleatorios asumiendo que no hay correlación espacial. Mientra que la prueba LM_2 prueba la no autocorrelación espacial suponiendo que no existen efectos aleatorios.

Prueba de Hausman espacial

De manera complementaria a la prueba LM_1 se implementó una prueba de Hausman que permite corroborar los resultados de la primera, pues esta es una prueba más robusta debido a que usa los residuos obtenidos del modelo directamente por lo que también la hace computacionalmente intensiva.

La prueba de Hausman se basa en un estadístico que se comporta como una χ^2 y aunque su propósito es mas general, el cual es saber si un estimador es o no consistente, regularmente se usa en los modelos de panel de datos para saber si un modelo tiene estructura de efectos aleatorios o no.

El estadístico de Hausman esta definido de la siguiente manera

$$H = (b_1 - b_0)^t (Var(b_0) - Var(b_1))^\dagger (b_1 - b_0)$$

con b_0 y b_1 son los estimadores considerando efectos fijos y aleatorios respectivamente. Dicho estadístico se comporta como χ^2 con $var(b_1) - var(b_0)$ grados de libertad.

Sin embargo, este estadístico no es directamente aplicable para el caso en que se agrega el efecto espacial. En Mutl y Pfaffermayr (2011) se presenta una extensión para el caso espacial con un estadístico definido de la siguiente manera

$$H = NT(\hat{\theta}_{FGLS} - \hat{\theta}_W)^T (\hat{\Sigma}_W - \hat{\Sigma}_{FGLS})^{-1} (\hat{\theta}_{FGLS} - \hat{\theta}_W)$$

donde $\hat{\theta}_{FGLS}$ son los estimadores del GLS espacial y $\hat{\theta}_W$ son los estimadores de cercanía.

En el caso de este estadístico, al igual que en el original se distribuye como χ^2, pero en este caso los grados de libertad vienen dados por el número de covariables utilizadas.

5.4. Efectos aleatorios

Como ya se estableció en el capítulo anterior, los modelos de efectos aleatorios tratan a los coeficientes a estimar como variables aleatorias por lo que como resultado del modelo se establece un coeficiente y una desviación del posible coeficiente, por lo que para predecir se elige aleatoriamente un punto dentro del intervalo que comprende el coeficiente y su desviación.

Para el caso de la especificación por efectos aleatorios se consideraron dos subespecificaciones: Rezago espacial y el modelo KKP, se tenia considerado utilizar también una subespecificación de error espacial, pero el costo computacional es muy alto y era poco práctico, y además con lo que revelaron las pruebas de selección de especificación es innecesario considerarlo.

Los resultados de las pruebas estadísticas para la selección de la subespecificación se detallan en la tabla 5.3.

Variable	**Prueba**	**Subesp.**	**Hip. Alternativa**	**P-value**
KSI	LM1	-	Efectos Aleatorios	>0.1
	LM2	-	Autoc. Espac.	2.2e-16
	H	SLM	Efectos Fijos	2.2e-16
	H	KKP	Efectos Fijos	2.2e-16
Empleo	LM1	-	Efectos Aleatorios	>0.1
	LM2	-	Autoc. Espac.	2.2e-16
	H	SLM	Efectos Fijos	2.2e-16
	H	KKP	Efectos Fijos	2.2e-16

Tabla 5.3: Resultados de las pruebas estadísticas de selección de subespecificación y de autocorrelación espacial.

En resumen, los resultados de la tabla indican que el modelo no presenta evidencia de tener una especificación de efectos aleatorios por lo que debe tener una estructura de efectos fijos de acuerdo a los resultados tanto de la prueba LM_1 como los obtenidos por la prueba de Hausman espacial. Por otro lado, en ambos modelos se observa que si existe una estructura de autocorrelación espacial dada por la prueba LM_2 lo que indica que una modelación considerando el término espacial mejorara los modelos.

Cabe mencionar que independientemente de las pruebas estadísticas se implementaron todos estos modelos de efectos aleatorios pero los resultados eran similares con los resultados presentados en la tabla 5.3.

5.5. Efectos fijos

De manera contraria a los modelos de efectos aleatorios, los modelos de efectos fijos consideran los coeficientes de la regresión como términos fijos por lo que su interpretación es mucho mas sencilla.

Para el caso de los modelos de efectos fijos como se ha mencionado anteriormente se consideraron dos subespecificaciones: Rezago espacial y Error Espacial. El primero indica que dentro la especificación directa del modelo se requiere establecer un término de autocorrelación de la variable respuesta y que da entrada a la parte espacial del modelo. Por su parte el Modelo de Error Espacial supone que el término de autocorrelación espacial pertenece al término de las perturbaciones.

Como las pruebas estadísticas de selección solo indicaron que el modelo debía tener un término de autocorrelación espacial y que la especificación del modelo debía ser de efectos fijos entonces para la elección del mejor modelo dentro de la especificación de efectos fijos se hace uso del criterio de la pseudo R^2, que funciona del mismo modo que la R^2 en los modelos OLS.

La pseudo R^2 se calcula de la siguiente manera

$$pseudo\ R^2 = 1 - \frac{var(Residuales)}{var(variable\ respuesta)}$$

5.5.1. Error espacial

Para el caso de los modelos de error espacial se considera que el término de innovaciones es el que se encuentra espacialmente autocorrelacionado, esto implica en caso de ser significativo el término de autocorrelación que las regiones cercanas son afectadas por el shock que se genera por la variable respuesta. Es decir, un cambio en el empleo (especialización) no genera directamente un cambio de la variable en las regiones cercanas pero afecta a las demás variables no consideradas en el modelo (residuales).

Los modelos quedan expresados bajo este esquema de modelación de la siguiente manera

$$\begin{aligned} Y =& \beta_1 distEEUU + \beta_2 distEEUU \times oil + \\ & \beta_3 distEEUU \times hedu + \beta_4 distEEUU \times cap + \beta_5 hedu + u \\ u =& \rho W \times u + \epsilon_{it} \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} Y =& \beta_1 distEEUU + \beta_2 distEEUU \times oil + \\ & \beta_3 distEEUU \times hedu + \beta_4 distEEUU \times cap + u \\ u =& \rho W \times u + \epsilon_{it} \end{aligned}$$

Los resultados obtenidos para los coeficientes del modelo empleado para la especialización del trabajo se muestran en la tabla 5.4 con una pseudo R^2 de 0.3192. Debido a algunas cuestiones numéricas no fue posible calcular el modelo como se previo anteriormente, pero para contrastarlo se realizó este mismo modelo en su versión de Rezago Espacial para contrastar los resultados.

Variable	**Coeficiente**	**P-value**	
ρ	-2374.9263	<2.2e-16	***
distUS	0.8168	<2.2e-16	***
distUS*hedu	-0.9741	<2.2e-16	***
distUS*cap	0.3909	9.944e-06	***
hedu	0.6163	<2.2e-16	***

Tabla 5.4: Coeficientes del modelo de Error Espacial para la especialización del trabajo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Los coeficientes del modelo de error espacial para el empleo se muestran en la tabla con una pseudo R^2 de 0.2975. Y al igual que con el modelo anterior la variable de interacción de $distUS \times oil$ provoco problemas númericos de singularidad por lo que se tuvo que trabajar con un modelo sin dicha variable y se contrasto directamente contra su versión bajo la subespecificación de Rezago Espacial.

Variable	**Coeficiente**	**P-value**	
ρ	-2375.4352	<2.2e-16	***
distUS	-4.2868	<2.2e-16	***
distUS*hedu	6.0994	<2.2e-16	***
distUS*cap	8.4769	<2.2e-16	***

Tabla 5.5: Coeficientes del modelo de Error Espacial para la variable empleo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Cabe observar que los valores de ambos coeficientes de autocorrelación espacial (ρ) son estadisticamente siginificativos, lo que corrobora la existencia de una relación es-

pacial en los datos. Sin embargo, dichos coeficientes son extremadamente grandes por lo que puede considerarse un indicativo que el modelo es erróneo, pero eso destacará al contrastar con los modelos de Rezago Espacial.

5.5.2. Rezago espacial

En este tipo de modelos se incorpora una matriz de distancias multiplicada por la variable respuestas como factor de autocorrelación espacial por lo que los modelos de especialización del trabajo y del empleo tienen la forma

$$\begin{aligned} Y =& \lambda W \times Y + \beta_1 distEEUU + \beta_2 distEEUU \times oil + \\ & \beta_3 distEEUU \times hedu + \beta_4 distEEUU \times cap + \beta_5 hedu + u \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} Y =& \lambda W \times Y + \beta_1 distEEUU + \beta_2 distEEUU \times oil + \\ & \beta_3 distEEUU \times hedu + \beta_4 distEEUU \times cap + u \end{aligned}$$

donde λ es el coeficiente de autocorrelación espacial y W una matriz de distancias apropiada. En este caso la matriz se eligió usando vecinos más cercanos y se escalo para que la suma de los valores de cada fila sumara 1.

Los coeficientes para el modelo para la especialización del trabajo se presentan en la tabla 5.6 y presenta una pseudo R^2 de 0.3457. Además como puede observarse en la figura 5.1 los residuales parecen tener una distribución normal estándar bajo un criterio visual pero para corroborarlo se realizo una prueba de Jarque-Bera y se obtuvo un p-value de 0.9817 por lo que no se rechazó la hipótesis nula de normalidad.

Los resultados de los coeficientes para el modelo de empleo se encuentran en la tabla 5.7y este modelo presenta una pesudo R^2 de 0.6073,y de igual manera que en el modelo anterior puede observarse en la figura 5.2, que en el QQplot parece no haber desviaciones grandes por lo que podría considerarse que los residuos tienen una distribución normal pero para corroborarlo se utilizó la prueba de Jarque-Bera en donde se obtuvo un p-value de 0.0115 por lo que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad a un nivel de confianza de 99 %.

5.5.3. Modelos elegidos

Aunque los modelos de error espacial mostraban buen potencial, el hecho de que el valor del coeficiente de autocorrelación sea tan grande es un indicativo de que los modelos no se encuentran bien especificados. Por otro lado, se calcularon las pseudo R^2 para los

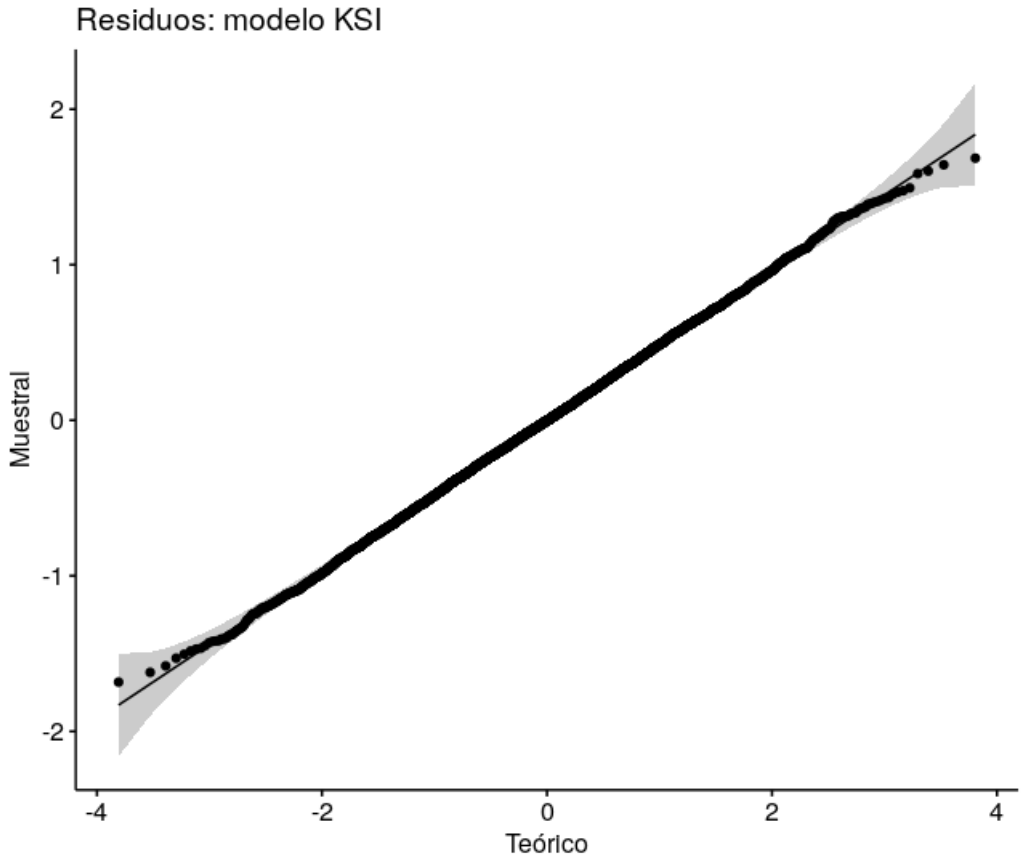


Figura 5.1: Qqplot de los residuales del modelo usado para la especialización del trabajo. Puede observarse que en general sigue una distribución normal estandar con pequeñas desviaciones en las colas.

modelos simplificados bajo las dos subespecificaciones y en ambos casos los modelos de Rezago Espacial tienen una pseudo R^2 mayor por lo que son los modelos elegidos para representar estos datos en ambos casos.

Especialización del trabajo

La forma final del modelo que caracteriza la especialización del trabajo tiene la forma

$$\begin{aligned} Y =& 0.3482W \times Y + 0.1688distEEUU + 0.6407distEEUU \times oil - \\ & - 0.5352distEEUU \times hedu + 0.2836distEEUU \times cap + 0.158hedu \end{aligned}$$

Primero cabe notar que el coeficiente de autocorrelación espacial es positivo y significativo, lo cual implica que una vez que un municipio comienza a especializarse los

Variable	Coeficiente	P-value	
λ	0.3482	0.0004227	***
distUS	0.1688	0.0003	***
distUS*oil	0.6407	0.0007	***
distUS*hedu	-0.5352	<2.2e-16	***
distUS*cap	0.2836	0.0013	**
hedu	0.158	0.0008	***

Tabla 5.6: Coeficientes del modelo de Rezago Espacial para la especialización del trabajo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

municipios cercanos ven esto como una actitud positiva y se invade la idea de comenzar una especialización en sus respectivos territorios.

El signo de la distancia a EE. UU. es positivo lo que indica que a mayor distancia la posibilidad de que un municipio se especialice en una actividad es mayor. Esto puede observarse en varios municipios de la zona sur, por ejemplo en el caso de Veracruz podemos encontrar municipios que se dedican casi exclusivamente a una actividad como producción y comercialización de calzado (Naolinco), producción de petroleo (Poza Rica), cultivo de naranja (Álamo), cultivo de café (Coatepec), servicios en general (Xalapa).

Claramente la interacción de la distancia con la dummy de municipio petrolero es positiva, puesto que una vez instalada esta actividad en un municipio tiende a observar todas las actividades para que se dediquen a ella debido a la magnitud económica que tiene dicha actividad.

La interacción negativa entre la distancia y la dummy de educación universitaria se puede deber a que muchas de las actividades en las que se especializan los municipios del sur muchas veces no requieren una educación superior por lo que al tener una formación universitaria los hijos no quieren permanecer involucrándose en dicha actividad.

Las capitales de cada estado de México regularmente tienden a absorber gran parte de la actividad económica del estado y regularmente tienden a estar inundadas de servicios por lo que podría decirse que en general se especializan en servicios, por eso se explica que en el modelo se presente el signo positivo.

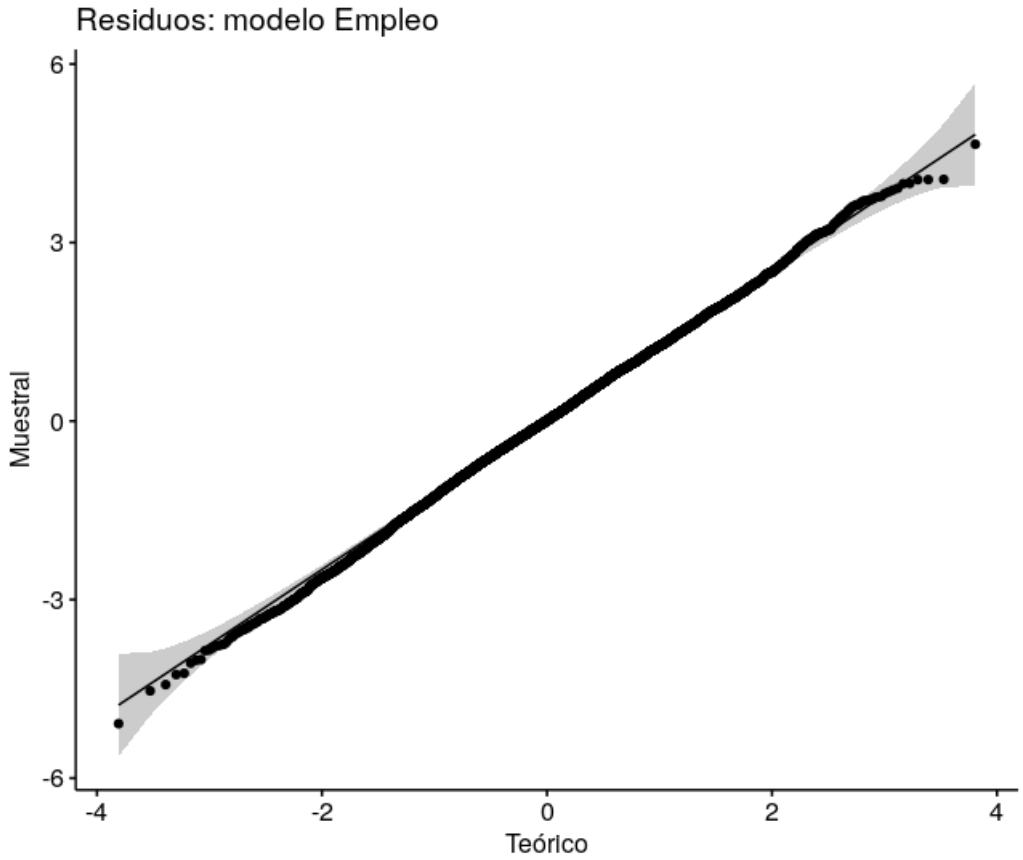


Figura 5.2: Qqplot de los residuales del modelo usado para el personal empleado (trabajo). Puede observarse que en general sigue una distribución normal estandar con pequeñas desviaciones en las colas.

Por último, el signo positivo de la dummy de educación universitaria se puede explicar primero debido a que las mayores concentraciones se dan en las capitales, y también a que regularmente terminan empleados dentro de la manufactura o el sector servicios, por lo que es probable que el municipio se encuentre especializado en algunas de estas actividades.

Empleo

Por otro lado, el modelo para el empleo quedo de la siguiente manera

$$\begin{aligned} Y =& 0.6038W \times Y - 1.911 distEEUU + 3.4324 distEEUU \times oil + \\ &+ 2.2052 distEEUU \times hedu + 5.2418 distEEUU \times cap \end{aligned}$$

Variable	Coeficiente	P-value	
λ	0.6038	<2.2e-16	***
distUS	-1.911	<2.2e-16	***
distUS*oil	3.4324	8.365e-12	***
distUS*hedu	2.2052	<2.2e-16	*
distUS*cap	5.2418	<2.2e-16	***

Tabla 5.7: Coeficientes del modelo de Rezago Espacial para la variable empleo. Se establecieron los siguientes códigos de significancia de acuerdo al p-value: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

El signo positivo del coeficiente de autocorrelación indica que el aumento del empleo en un municipio tiende a hacer que los municipios cercanos también aumenten la generación de empleos, lo que se da una idea del porqué se genera la creación de zonas metropolitanas.

En el caso de la distancia se tiene un signo negativo lo que indica que entre mas lejos se encuentre un municipio de la frontera es más complicado que se generen empleos. Esto debido a que la gran parte de la infraestructura manufacturera del país se encuentra cerca de la frontera y es donde más empleos se generan con excepción de la Ciudad de México que funge como un dato atípico en los datos.

Como ya se ha mencionado antes, el hecho de que un municipio sea productor de petroleo implica que deja una derrama económica importante por lo que tiende a atraer a muchos trabajadores y empresas que sirvan a su propósito generando más empleo, y debido a que en la parte sur del país no existen una gran variedad de posibilidades de trabajo una gran parte de los profesionales optan por entrar en esta actividad económica a laborar, esto explica el signo positivo en el coeficiente de interacción municipio petrolero-distancia.

En el caso de la interacción con la educación universitaria con la distancia el coeficiente positivo puede explicarse debido a que debido a la poca oferta de trabajo en el sur del país se genera un brote de emprendedores que optan crear su propio negocio aunque regularmente en actividades que ya existen en la región (venta de comida, asesorías a estudiantes).

Por último la interacción de la distancia con la capital tiene signo positivo, esto es debido a que generalmente en el sur los demás municipios de los estados no tienen una actividad económica suficiente para permitirles conservar a los empleados, por lo que

terminan invadiendo las capitales de dichos estados.

Capítulo 6

Conclusiones

Las inversiones que se realizan en infraestructura carretera y en movilidad dentro de una economía tienden a presentar un potencial muy grande para estimular el crecimiento tanto a nivel de la generación de redes de comercio mayores, como en el sentido de transformación estructural siendo que permite la movilidad de personas con un costo y tiempo menor, permitiendo que puedan acceder a más y mejores servicios de salud y educativos.

En este trabajo se hizo uso de un conjunto de datos micro-geográfico, así como mapas georeferenciados digitales de las redes de transporte considerando un marco de tiempo de 10 años (2004-2014) con el fin de encontrar evidencia empírica del impacto que puede generarse en la creación de empleos locales y la especialización del trabajo a través de la mejora carretera para mejorar el acceso de los municipios a la frontera con EE. UU.

El obtener dicha evidencia nos permitiría establecer medidas apropiadas para mejorar el desarrollo municipal a nivel empleo como permitir que se permita a los municipios obtener los beneficios que se pueden derivar de la especialización del trabajo.

Los resultados encontrados en este trabajo indican que se tiene una relación negativa entre la distancia con respecto al empleo. Esto es, los municipios que se encuentran mas cerca de la frontera con EE. UU. tienen un mayor personal empleado, mientras que los mas lejanos tienen generalmente menos personal empleado. Esto se explica principalmente por la instalación de plantas maquiladoras cerca de la frontera.

Algo importante ha establecer, considerando lo anterior es que el hecho de tener un mayor numero de empleados no implica una mejor calidad de vida para los trabajadores. Siendo así, esta evidencia debe contrastarse con información de calidad de vida a nivel municipal para generar políticas que ayuden a generar empleos que permitan a los empleados mantener un buen estándar de vida decente.

Por su parte, en el caso de la especialización del trabajo se encontró una relación

positiva con respecto a la distancia con EE. UU. lo que indica que los municipios mas alejados de la frontera tienden a presentar una mayor estructura de especialización en sus actividades económicas.

Aquí cabe destacar que la especialización del trabajo medida por el Índice de especialización de Krugman puede no ser suficiente para indicar verdadera especialización, ya que en este caso solo indica desviaciones en número de personas empleadas en una actividad ecoómica con respecto a la media nacional. Por lo que en municipios densamente poblados o muy poco poblados puede presentarse una gran perturbaci on del índice.

Sin embargo, como un primer acercamiento al fenómeno de la especialización del trabajo, el Índice de Especialización de Krugman es una buena aproximación para indicar que si existe una posibilidad de especialización dentro de una región. Aunque para corroborar los resultados debe considerarse utilizar algún otro indicador con el fin de establecer mejores propuestas de política pública con respecto a la inversión en infraestructura carretera para influenciar la especialización del trabajo.

Referencias

Alvarez, A., Garduño-Rivera, R., y Nuñez, H. M. (2017). Mexico's north-south divide: The regional distribution of state inefficiency 1988–2008. *Papers in Regional Science*, *96*(4), 843–858.
8

Arbia, G. (2006). *Spatial econometrics: statistical foundations and applications to regional convergence*. Springer Science & Business Media.
27

Arbia, G. (2014). *A primer for spatial econometrics: with applications in r*. Springer.
27, 30, 31, 35

Asheim, B. (1999). The territorial challenge to innovation policy: Agglomeration effects and regional innovation systems. i asheim, b. and k. smith (red.). *Regional Innovation Systems, Regional Networks and Regional Policy*.

Baltagi, B. H., Song, S. H., y Koh, W. (2003). Testing panel data regression models with spatial error correlation. *Journal of econometrics*, *117*(1), 123–150.

Baylis, K., Garduño-Rivera, R., y Piras, G. (2012). The distributional effects of nafta in mexico: Evidence from a panel of municipalities. *Regional Science and Urban Economics*, *42*(1-2), 286–302.

Bess, M. K. (2014). Routes of conflict: building roads and shaping the nation in mexico, 1941–1952. *The Journal of Transport History*, *35*(1), 78–96.

Bess, M. K. (2016). Revolutionary paths: Motor roads, economic development, and national sovereignty in 1920s and 1930s mexico. *Mexican Studies/Estudios Mexicanos*, *32*(1), 56–82.

Blankespoor, B., Bougna, T., Garduno-Rivera, R., y Selod, H. (2017). *Roads and the geography of economic activities in mexico.* The World Bank.

Breusch, T. S., y Pagan, A. R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics. *The review of economic studies*, *47*(1), 239–253.

Cervantes, F. P., y Hernández, A. S. (2015). *Estimating the short-run effect on market-access of the construction of better transportation infrastructure in mexico* (Inf. Téc.). Working Papers.

Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *economica*, *4*(16), 386–405.

Dávila Flores, A. (2008). Los clusters industriales del noreste de méxico (1993-2003): Perspectivas de desarrollo en el marco de una mayor integración económica con texas. *Región y sociedad*, *20*(41), 57–88.

DOF. (2014). *Programa nacional de infraestructura 2014-2018*. Diario Oficial de la Federación.

Duranton, G., y Kerr, W. R. (2015). *The logic of agglomeration* (Inf. Téc.). National Bureau of Economic Research.

Duranton, G., Morrow, P. M., y Turner, M. A. (2014). Roads and trade: Evidence from the us. *Review of Economic Studies*, *81*(2), 681–724.

Elhorst, J. P. (2003). Specification and estimation of spatial panel data models. *International regional science review*, *26*(3), 244–268.

Elhorst, J. P. (2014). *Spatial econometrics: from cross-sectional data to spatial panels* (Vol. 479). Springer.

Ellison, G., Glaeser, E. L., y Kerr, W. R. (2010). What causes industry agglomeration? evidence from coagglomeration patterns. *American Economic Review*, *100*(3), 1195–1213.

Enríquez, A., y Galindo, M. (2015). Empleo. *Serie de Estudios Económicos*, *1*.

Gómez, O. G. (1990). Construcción de carreteras y ordenamiento del territorio. *Revista Mexicana de Sociología*, 49–67.

Hanson, G. H. (1998). North american economic integration and industry location. *oxford review of Economic Policy*, *14*(2), 30–44.

Hill, V. R. (2006). Coffee price risk in the market: Exporter, trader and producer. data from uganda. *Working paper*.

Hsiao, C. (2013). Panel data analysis-advantages and challenges. *Working paper*.

Hsiao, C. (2014). *Analysis of panel data* (Vol. 54). Cambridge University Press.

Kapoor, M., Kelejian, H. H., y Prucha, I. R. (2007). Panel data models with spatially correlated error components. *Journal of econometrics*, *140*(1), 97–130.

Kelejian, H. H., Prucha, I. R., y Yuzefovich, Y. (2004). Instrumental variable estimation of a spatial autoregressive model with autoregressive disturbances: Large and small sample results. En *Spatial and spatiotemporal econometrics* (pp. 163–198). Emerald Group Publishing Limited.

Kemeny, T., y Storper, M. (2015). Is specialization good for regional economic development? *Regional Studies*, *49*(6), 1003–1018.

Mankiw, N. G. (2014). *Principles of economics*. Cengage Learning.

Millo, G., Piras, G., y cols. (2012). splm: Spatial panel data models in r. *Journal of Statistical Software*, *47*(1), 1–38.

Murali, S. (2017). Job specialization and labor market turnover. *Working paper*.

Mutl, J., y Pfaffermayr, M. (2011). The hausman test in a cliff and ord panel model. *The Econometrics Journal*, *14*(1), 48–76.

OECD. (2009). *Promoting pro-poor growth employment.* Autor.

OIT. (2019). *Employment.* Descargado 2019-05-20, de https://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/statistics-overview-and-topics/WCMS_470295/lang--en/index.htm

Palan, N. (2010). *Measurement of specialization the choice of indices* (Inf. Téc.). FIW working paper.

Redding, S. J., y Turner, M. A. (2015). Transportation costs and the spatial organization of economic activity. En *Handbook of regional and urban economics* (Vol. 5, pp. 1339–1398). Elsevier.

Unger, K. (2003). Los clusters industriales en méxico: especializaciones regionales y la política industrial.

Williamson, O. E. (2007). The economic institutions of capitalism. firms, markets, relational contracting. En *Das summa summarum des management* (pp. 61–75). Springer.

Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric analysis of cross section and panel data.* MIT Press.