

Localización Industrial en Bogotá

Norman Maldonado*

16 de septiembre de 2009

Resumen

Siguiendo el trabajo de Duranton and Overman (2002), se utiliza un modelo microeconómico de maximización del valor de las firmas para modelar las elecciones de ubicación de los establecimientos industriales. Éste se utiliza para medir la escala geográfica a la que se presentan comportamientos espaciales estratégicos de las empresas. La metodología se basa en simulaciones de Monte-Carlo, que permiten comparar patrones de localización reales con patrones aleatorios. Esta no solo se puede utilizar para cuantificar el alcance industrial, sino que también puede servir para analizar el alcance geográfico y temporal.

1. Introducción

La economía espacial es un campo de estudio que se ha visto revigorizado en las últimas décadas, gracias a los aportes de la Nueva Geografía Económica y a los avances en geografía cuantitativa que han permitido estudiar las decisiones de ubicación de los agentes y, de esta manera, estudiar los patrones de localización que se observan en la realidad.

Colombia es un país con una concentración del 72.6 % de la población en las áreas metropolitanas¹, con un 15 % del total viviendo en la ciudad de Bogotá. Esta ciudad, como capital del país, reúne una serie de características que la hacen atractiva tanto para los empresarios -a pesar de no presentar una ubicación geográfica estratégica en términos del acceso al mercado mundial- como para consumidores. Entre las ventajas que caracterizan la ciudad están la cercanía a los centros de decisión del país, por su carácter centralista. Otro factor fundamental es la calificación de la mano de obra y el acceso a tecnología y conocimiento adecuado ya que en Bogotá se encuentra el mayor número de centros de educación superior del país. Para la población en general, el atractivo de una ciudad como ésta se encuentra en que se proyecta como generadora

*Escuela de economía, Universidad Sergio Arboleda, sede Bogotá. normanmva@gmail.com

¹Fuente: DANE

de más y mejores oportunidades de trabajo y como centro de consumo de bienes diversificados. Todos estos elementos que se encuentran en el imaginario de la población se pueden interpretar como fuerzas de atracción que estimulan el proceso de concentración urbana observado en las últimas décadas hacia Bogotá. Todo esto hace deseable realizar un análisis de la dinámica interna de la ciudad, con el fin de identificar las potencialidades que han impuesto las fuerzas centrípetas de la ciudad.

Los estudios que hasta el momento se han realizado sobre la localización de las actividades económicas al interior de la ciudad de Bogotá utiliza como fundamento teórico conceptos de geografía y de análisis económico por sectores. Con este fin se han georreferenciado las actividades industriales al interior de la ciudad, utilizando mapas que localizan espacialmente las empresas (Zamudio 2001) o haciendo un análisis de la ubicación de las cadenas productivas en la Región Central (Pardo 2003).

Desde el punto de vista teórico, la economía espacial ha desarrollado una estructura conceptual que permite analizar la ubicación de las actividades económicas al interior de un espacio (sea una ciudad, un sistema de ciudades o una región) por medio de modelos microeconómicos. Además de la estructura teórica, existen muchos modelos aplicados que han tenido como propósito la evaluación empírica de la existencia de economías de aglomeración. En el documento de Rosenthal and Strange (2004) se presentan los trabajos aplicados más importantes sobre economía espacial.

Este tipo de trabajos empíricos se han enfocado en estudiar los sistemas de ciudades para Estados Unidos (Glaeser et al. (1992), Henderson, Kuncoro, and Turner (1995) y en menor proporción, los existentes en algunos países europeos (Ciccone (2002), Combes (2000)). Las investigaciones para países en desarrollo han sido escasas. En el caso particular de Colombia, se destacan los estudios de Fernández (1998), Yemail (2002), Sánchez and Núñez (2002), Maldonado (2004) y algunos de los *Documentos de Trabajo sobre Economía Regional*, publicados por el Centro de Estudios Económicos Regionales del Banco de la República. Estos trabajos han tomado como escala espacial al sistema de ciudades (o al conjunto de áreas metropolitanas) de todo el país.

El objetivo de este trabajo es utilizar algunas herramientas microeconómicas de la economía espacial para analizar la ubicación de las actividades económicas en la ciudad de Bogotá. En particular, se pretende identificar patrones de localización o dispersión de los establecimientos industriales mediante herramientas de geografía cuantitativa, siguiendo el desarrollo de Duranton and Overman (2002) (de aquí en adelante D-O).

2. Marco Teórico

Teóricamente la pregunta que se formula se refiere al proceso de formación de las ciudades y la dinámica que éstas siguen una vez constituidas: ¿qué estimula a los agentes a ubicarse cerca los unos de los otros?. A esto los economistas han tratado de dar respuesta a partir de un hecho estilizado fundamental: la existencia de rendimientos crecientes. La ubicación de un agente en cercanía del otro potencializa las capacidades de ambos en su interacción y esto, por diferentes mecanismos, genera rendimientos crecientes endógenos. Claro que, como plantean Duranton and Puga (2004), *“mientras los rendimientos crecientes son esenciales para entender por qué las ciudades existen, es difícil pensar en una sola actividad o equipamiento sujeto a indivisibilidades lo suficientemente grandes como para justificar la existencia de las ciudades.”*. Estos autores identifican tres mecanismos detrás de la cercanía espacial de los agentes: compartir indivisibilidades, mejorar los procesos de emparejamiento, y generar y difundir conocimiento.

Desde el punto de vista aplicado, Rosenthal and Strange (2004) han clasificado la literatura en dos grandes ramas: naturaleza y fuentes de las economías de aglomeración. La naturaleza o alcance hace referencia a las características observables de fenómenos de localización estratégica en el espacio. En contraste, las fuentes hacen referencia a los incentivos económicos que conducen a tomar decisiones de localización. Dentro de la naturaleza o alcance, Rosenthal and Strange (2004) presentan tres dimensiones de las economías de aglomeración: industrial, geográfica y temporal. Es dentro del alcance geográfico que se ubica el trabajo de Duranton and Overman (2002). Estos autores desarrollan un modelo microeconómico, que posteriormente les sirve para determinar, a partir de datos georreferenciados, la escala geográfica en la que se pueden observar decisiones de localización estratégica en el espacio. A continuación se presenta la explicación del modelo, de acuerdo con la presentación realizada por Duranton and Overman (2002).

El modelo microeconómico propuesto por Duranton and Overman (2002) busca establecer si la ubicación de los establecimientos de una industria en un espacio es aleatoria o presenta patrones de localización o dispersión. Se parte de los siguientes supuestos: existen N establecimientos distribuidos en m industrias, que disponen de Z sitios potenciales de ubicación definidos sobre el plano cartesiano. Existe una distancia euclidiana $\delta(j, k)$ entre todo par de sitios potenciales de ubicación $(j, k) \in Z$.

Cada establecimiento industrial valora cada uno de los sitios potenciales teniendo en cuenta tres factores:

- v_j : El valor intrínseco del sitio potencial j . Por definición, cada sitio potencial es valorado de manera diferente ($v_i \neq v_j \forall i, j \in Z, i \neq j$), aunque la valoración que los N establecimientos hacen de un sitio potencial dado \hat{j} es la misma ($v_{\hat{j}} = \bar{v}_{\hat{j}} \forall n \in N$).

- ϵ_{ji} : Factores idiosincráticos que afectan la valoración que lleva a cabo el establecimiento i del sitio potencial j . ϵ_{ji} es positivo, aleatorio e i.i.d., y es diferente para todos los establecimientos ($\epsilon_{\hat{j}_i} \neq \epsilon_{\hat{j}_{i'}} \forall i, i' \in N$)
- $g_{j,A(i)}$: Valoración que el establecimiento i de la industria A hace del sitio potencial j . Por ser un componente industrial, todos los establecimientos de una industria dada \hat{A} valoran de la misma manera un sitio potencial dado \hat{j} . Definiendo k como los puntos de atracción de todos los establecimientos de la industria A , se define el componente industrial como

$$g_{j,A(i)} = \sum_k G(\delta(j,k))$$

$G(\cdot)$ es una función que satisface $G'(\cdot) < 0$ y $G(\cdot)'' > 0$. Esto implica que un establecimiento i de la industria A valora menos aquellos sitios que están a mayor distancia de los puntos de atracción.

Así, la valoración que realiza el establecimiento i del sitio potencial j es

$$V_{ji} = v_j + \epsilon_{ji} + g_{j,A(i)}$$

Los sitios potenciales contenidos en el conjunto Z se asignan secuencialmente. A partir de la valoración de cada establecimiento sobre los sitios potenciales se llega a un estado de equilibrio, donde el primer establecimiento elige el sitio potencial que más valora, el segundo hace la misma elección a partir de los sitios potenciales restantes y así sucesivamente. En equilibrio, se tendrá un conjunto S que contiene todos los sitios potenciales que son ocupados por algún establecimiento, y m conjuntos S_A que contienen los sitios potenciales ocupados por establecimientos de la industria A .

Empíricamente, el equilibrio del modelo sugiere evaluar, para cada industria, la hipótesis nula de ubicación aleatoria de sus establecimientos. Es decir, para la industria A la hipótesis nula es:

$$H_0 : g_{(\cdot),A} = 0$$

lo que equivale a evaluar si los elementos del conjunto S_A son una muestra aleatoria del conjunto Z . Para esto se requiere construir la función de densidad de distancias bilaterales entre parejas de establecimientos de una industria \hat{A} , y compararla con la función de densidad de distancias bilaterales entre parejas de establecimientos de una industria con el mismo número de establecimientos de \hat{A} pero seleccionados aleatoriamente del conjunto Z .

Como no se conoce el conjunto de sitios potenciales Z , se puede utilizar el conjunto S como proxy. Sin embargo, para que S sea una verdadera muestra aleatoria de Z , se requieren tres supuestos:

1. Número de industrias suficientemente grande.
2. Puntos de atracción k de una industria independientes de los puntos de atracción de otras industrias.
3. Varianza de g menor que la varianza de $e + v$ ($var(g) < var(e + v)$) en la mayoría de las industrias.

3. Metodología e Implementación

3.1. Metodología

D-O abordan la identificación de clusters industriales en el Reino Unido, proponiéndose tres objetivos: evaluar qué tan general y qué tan fuerte es la tendencia a aglomerarse por parte de las industrias del Reino Unido, determinar a qué escala espacial se presentan los clusters y establecer qué sectores industriales y qué tipo de establecimientos (pequeños o grandes²) tienen mayor grado de localización.

Para ello, comienzan por establecer las condiciones básicas que debe cumplir una medida adecuada de localización: debe ser comparable entre industrias, controlar la tendencia general hacia la aglomeración que tiene la producción de manufacturas, controlar por concentración industrial (aleatoriedad), ser insesgada con respecto a la escala espacial y agregación y finalmente indicar la significancia de los resultados.

D-O desarrollan una metodología que les permite construir para cada industria un indicador que satisface las cinco condiciones básicas. La metodología consiste en *“analizar la distribución de las distancias entre todas las posibles parejas de una industria y compararla con industrias hipotéticas que tengan el mismo número de establecimientos pero que estén aleatoriamente distribuidos [en el espacio]”*³.

Al aplicar la metodología a la industria del Reino Unido, utilizan datos confidenciales del Censo Anual de Producción de 1997. El Censo indica, para cada establecimiento industrial, el código CIIU a cinco dígitos, código postal y número de empleados. También discrimina entre planta y firma. Utilizando el Código Postal, georreferencian cada establecimiento industrial y calculan sus coordenadas geográficas. Definiendo P como el número de industrias en el país, N_i como el número de establecimientos de la industria i , y $N = \sum_{i=1}^P N_i$ como la cantidad total de establecimientos industriales en todo el país, su metodología consiste en:

1. Estimar funciones de densidad. Para cada industria i , se construyen todas las posibles parejas de establecimientos. A cada pareja se le calcula

²La clasificación entre establecimientos grandes y pequeños se hace según el número de empleados.

³Durantón and Overman (2002, pág. 3)

la distancia euclidiana, a partir de las coordenadas geográficas. Cada distancia euclidiana se clasifica dentro de un rango de distancia (0 – 1 km, 1 – 2 kms, . . . , 179 – 180 kms). Este cálculo permite construir una función de densidad para cada industria i . La función de densidad representa, en términos relativos, el número de parejas de establecimientos de la industria i ubicados a cada rango de distancia⁴.

2. Construir industrias simuladas (hipotéticas). Definimos una industria hipotética para la industria i construida en la simulación s , i_s , como una selección aleatoria y sin reemplazo de N_i establecimientos, tomados de los N establecimientos industriales del país, llevada a cabo en la simulación s . La construcción de una industria hipotética para cada una de las P industrias es llamada una simulación s , con $s = 1, \dots, S$, donde S representa el número total de simulaciones que se llevan a cabo. En una simulación s , se construye la función de densidad para cada industria simulada $i_s = 1_s, \dots, P_s$.
3. Construir industrias simuladas (hipotéticas). Definimos una industria hipotética para la industria i como una selección aleatoria y sin reemplazo de N_i establecimientos, tomados de los N establecimientos industriales del país. La construcción de una industria hipotética para todas las P industrias es llamada una simulación. El subíndice $s = 1, \dots, S$ representa una simulación, siendo S el número total de simulaciones que se llevan a cabo.

Para cada industria simulada i_s se construye una función de densidad, con parejas de establecimientos y distancias euclidianas. Esta función de densidad describe un patrón de ubicación aleatorio de N_i establecimientos.

4. Construir Intervalos de Confianza Locales (ICL). Para cada una de las P industrias, en cada rango de distancia, se ordenan de manera ascendente los valores que toma la función de densidad de cada una de las S simulaciones. Una vez ordenadas, se calculan los percentiles 5 y 95, y estos van a ser los intervalos de confianza locales en cada rango de distancia.

Cuando en un rango de distancias determinado la función de densidad de un sector industrial queda dentro del intervalo de confianza local, se dice que en ese rango de distancias los establecimientos del sector industrial se ubican aleatoriamente, pues los datos reales (la función de densidad) no se desvían significativamente del comportamiento espacial que presentan las industrias hipotéticas, que están ubicadas aleatoriamente.

Si la función de densidad queda por encima del intervalo de confianza local, se dice que los establecimientos del sector industrial se localizan o concentran espacialmente a ese rango de distancias (índice de localización

⁴Debido a la presencia de algunas fuentes de error sistemáticas (como por ejemplo la curvatura de la tierra o las distancias económicas reales) D -o suavizan estas funciones de densidad.

local). Similarmente, cuando la función de dispersión queda por debajo, tales establecimientos están dispersos en ese rango de distancias (índice de dispersión local).

5. Construir Intervalos de Confianza Globales (ICG). Para cada distancia, estos intervalos se construyen de tal manera que el nivel de confianza global (de todos los rangos de distancias) sea del 5 %.

Cuando la función de densidad de una industria i está por encima del intervalo de confianza global en al menos un rango de distancia, se dice que los establecimientos de esta industria se concentran espacialmente (índice de localización global). Por otro lado, cuando la función de densidad de un sector industrial queda por debajo de los intervalos de confianza globales en al menos un rango de distancias, y no presenta localización global, se dice que los establecimientos de la industria i están dispersos globalmente (índice de dispersión global).

La definición formal de los índices locales y globales se encuentra en Duranton and Overman (2002, pág. 10-12). A diferencia de los índices locales, los índices globales eliminan el efecto de reflexión, definido este como la presencia de dispersión local a rangos de distancia altos (140-180 kms) como consecuencia de una fuerte localización a rangos de distancia bajos (0-60 kms). Así, los índices locales son un paso para la construcción de los índices globales, y éstos últimos son los realmente importantes para analizar localización industrial. No obstante, en el ejemplo que veremos a continuación, se interpretan los dos tipos de índices.

3.2. Ejemplos

Para ilustrar la metodología, mostraremos dos ejemplos del caso de Bogotá. La primera industria, que llamaremos industria A se presenta en la figura 1.

Esta industria tiene en total 1.283 establecimientos, con una participación total del 6,8 % en el número de establecimientos industriales totales en Bogotá. La parte izquierda de la figura 1 presenta la localización geográfica de esta industria en la ciudad. Se observa concentración o localización de establecimientos de la industria A en la parte sur-oriental de la ciudad.

El número de posibles parejas de establecimientos de la industria A es de 822.403. Al calcular las distancias euclidianas entre todas estas parejas, y clasificarlas en rangos de distancias (0-50 mts, 50-150 mts, 150-250 mts, ..., 8.450-8.550 mts) se obtiene la función de densidad de la parte derecha de la figura (línea continua). Esta función indica, en términos relativos, el número de parejas de establecimientos de esta industria en cada rango de distancia. Observamos en la figura que en la industria A el mayor número de parejas de establecimientos está en rangos de distancia cercanos a los 4.250 metros (4,25 kilómetros), y que el número de parejas de establecimientos con distancias mayores a 7.000 metros es relativamente bajo.

Los Intervalos de Confianza Locales (ICL) se representan con líneas punteadas. Para la industria A la figura muestra que en los rangos de distancia

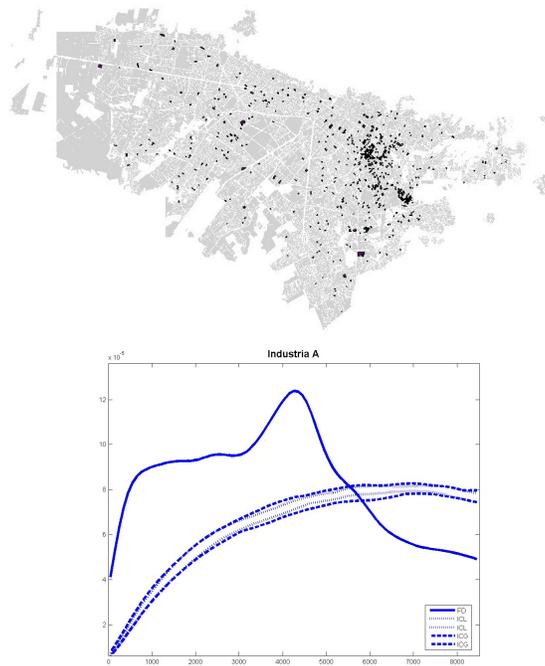


Figura 1: Industria localizada.

0 – 5.200 mts., la función de densidad está por encima de los intervalos de confianza locales, es decir, la industria presenta localización en cada uno de estos rangos de distancia. La concentración más fuerte está en el rango de distancias cercano a los 4.250 mts. En rangos de distancia mayores, se presenta dispersión, debido a un efecto de reflexión, es decir, dispersión como consecuencia de la localización.

Los Intervalos de Confianza Globales (ICG) se representan con una líneas segmentadas. Se observa que, a nivel global, la función de densidad de la industria está por encima de los ICG en *al menos* un rango de distancia, lo que indica que esta industria, en general, presenta localización, sugiriendo la presencia de retornos crecientes en sus actividades productivas.

El segundo ejemplo es la industria *B*, cuya ubicación geográfica y función de densidad se presentan en la figura 2. Esta industria, para el año 2004, tiene en total 3.576 establecimientos, con una participación total del 19 % en el número de establecimientos industriales totales en Bogotá, es decir, es una industria más densa espacialmente que la industria *A*. La parte izquierda de la figura 2 presenta la ubicación geográfica (georreferenciación) de los establecimientos de esta industria. El mapa no indica un patrón de localización (aglomeración) de estos establecimientos.

Al aplicar la metodología D-O podemos obtener una evaluación más pre-

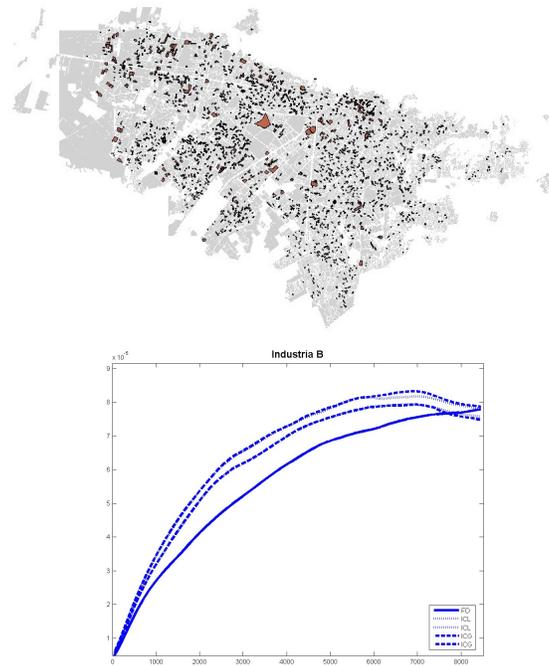


Figura 2: Industria dispersa.

cisa del comportamiento espacial de esta industria. Se construyeron en total 6.392.100 parejas. Con el cálculo de distancias euclidianas se construye la función de densidad, y con las industrias hipotéticas (simuladas) se construyen los intervalos de confianza locales y globales. A nivel local, la figura indica que los establecimientos de la industria están dispersos en la mayoría de rangos de distancia (0-7.500 mts), pues en todos estos rangos, su función de densidad está por debajo del intervalo de confianza local. A nivel global, la industria está dispersa, pues su función de densidad siempre está por debajo de los ICG y no presenta localización en ningún rango de distancia: el patrón de ubicación espacial que se observa en el mapa es de dispersión, explicada posiblemente por fenómenos de tamaño de mercado a la Hotelling (1929).

3.3. Aplicación del modelo y Datos

La aplicación del modelo con datos microgeográficos para Bogotá se hace interesante por dos razones principales: el cambio de unidad espacial y de condiciones macroeconómicas.

En cuanto al cambio de unidad espacial, la escala espacial que se maneja para la aplicación de este modelo es completamente diferente, ya que los autores trabajan un país (Reino Unido) y en la aplicación se analiza una ciudad

(Bogotá). El modelo aplica a las dos escalas espaciales, debido a que el indicador que D-O construyen es insesgado con respecto a la escala espacial.

Sin embargo, aplicarlo a una ciudad presenta una ventaja relacionada, utilizando el lenguaje de Rosenthal and Strange (2004), con las fuentes de las economías de aglomeración. Al utilizar datos de país, Duranton and Overman (2002) no pueden distinguir entre clusters generados por retornos crecientes y aquellos generados por ventajas naturales. Esto debido a que las condiciones naturales del terreno cambian a lo largo de un país. Por esa razón, los autores indican que el modelo y sus resultados son compatibles con *“explicaciones sobre formación de clusters relacionadas con efectos externos o con dotaciones de recursos naturales”*⁵.

Sin embargo, en una ciudad estas condiciones suelen ser homogéneas. Así, el cambio de escala espacial a una ciudad como Bogotá permite depurar el efecto de ventajas naturales, y deja como única explicación para la formación de clusters la presencia de retornos crecientes.

Al georreferenciar una escala de país, se observan clusters (nubes de puntos) que se explican por la existencia de una ciudad. Así, la ciudad misma se constituye en una explicación para el fenómeno de concentración. Sin embargo, al reducir la escala espacial, se depura este efecto, pues se analiza la dinámica económico-espacial al interior de estas nubes de puntos.

Sin embargo, la implementación de este modelo se debe hacer teniendo en cuenta varios factores:

- Escala Espacial: los autores trabajan con datos de un país (Reino Unido), y sus cálculos utilizan rangos de distancias entre 0 y 1000 kilómetros. Además, el análisis se hace para rangos de distancias entre 0 y 180 kms., tomando 180 kms. como la distancia promedio entre todas las parejas de establecimientos de la industria en el Reino Unido.
- Disponibilidad de datos: Para que la aplicación del modelo para Bogotá sea factible, se requería contar con datos cercanos a los que los autores utilizan, que básicamente son:
 - Población de establecimientos para el sector industrial
 - Código CIIU a cinco dígitos para cada establecimiento
 - Coordenadas geográficas de cada establecimiento
 - Nivel de empleo de cada establecimiento (opcional)
 - Fuentes de error sistemático

Para la implementación del modelo, existen dos fuentes de información que tienen datos sobre el sector industrial: la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) y la base de datos de la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). La primera presenta algunas ventajas: contiene información sobre variables económicas como producción, empleo, salarios, consumo

⁵Duranton and Overman (2002, pág. 13).

intermedio y activos, y maneja como escalas espaciales los departamentos y las áreas metropolitanas. Sin embargo presenta algunas desventajas: es una encuesta (y no censo, que permitiría tener en cuenta la población), no discrimina entre planta y firma, generalmente está disponible en agregados (no a nivel de establecimiento), y aún si se tuviera la base con información de establecimientos, no se dispone de un sistema de información geográfica que permita georeferenciar la actividad industrial por lo menos en la región Bogotá-Cundinamarca.

La segunda fuente de información es la base de datos de la Cámara de Comercio de Bogotá. Es una base que contiene información a nivel de establecimiento para todos los sectores de la actividad económica (agricultura, minería, industria, servicios, construcción, comercio, etc). Con respecto al análisis de localización, la base presenta algunas ventajas: contiene la población de establecimientos de la industria y está enlazada con el sistema de georeferenciación que se utiliza en el DAPD (esto permite obtener coordenadas geográficas para cada establecimiento). Una ventaja adicional es que tiene información para sectores diferentes a la industria. La base también presenta desventajas: hay problemas con la información de variables económicas, no discrimina entre planta y firma, y hay establecimientos que están clasificados solo a dos dígitos.

De estas dos fuentes de información, la más adecuada para la implementación del modelo de Duranton y Overman es la de la Cámara de Comercio, debido a la disponibilidad de información geográfica de cada establecimiento. Eventualmente se puede hacer un análisis de localización similar para otras escalas espaciales a partir de la información a nivel de establecimiento de la EAM, pero necesariamente en tal análisis se deben asumir distancias discretas y es más apropiado seguir la línea de Ellison and Glaeser (1997).

La implementación del modelo ha pasado por varias etapas:

1. Referenciación Teórica: Se realizó una revisión de los trabajos empíricos en donde se mide localización. En su mayoría han sido aplicados al sistema de ciudades de Estados Unidos, unos pocos a Europa y casi ninguno a Colombia. Entre los aplicados, el de Duranton y Overman fue el más adecuado para dar una mirada inicial a la presencia de economías de aglomeración en Bogotá. Además, algunas dudas sobre la implementación se consultaron con Gilles Duranton, quien junto con Henry Overman realizaron valiosos aportes a esta implementación.
2. Depuración de datos: Se utilizó la base de datos de la Cámara de Comercio de Bogotá (datos confidenciales). A partir de ella se georeferenciaron los establecimientos industriales en Bogotá para así tener las coordenadas

geográficas (euclidianas) de cada establecimiento. Fue necesario aplicar algunas metodologías de depuración de datos para solucionar algunos de los problemas que presenta esta base. La depuración arrojó un total de 18.824 establecimientos.

3. Cálculos Generales: Siguiendo la metodología de Duranton y Overman y mediante la ayuda de un software de cálculos matemáticos, se construyeron todas las posibles parejas de toda la industria para calcular la distancia promedio entre ellas y establecer este valor como el supremo del rango de distancias a analizar. Al tener 18.824 establecimientos, el número de parejas posibles es de 177'162.076, al igual que el número de distancias unilaterales. La distancia máxima entre todas las parejas de establecimientos fue de 32.905,45 metros y la distancia promedio, de 8.511,93 metros. Luego se construyeron las distancias entre las parejas de cada industria. Esto permitió calcular de manera no paramétrica funciones de densidad, además de aportar una información valiosa sobre el comportamiento espacial (tomando el espacio como continuo) de la actividad industrial en Bogotá.
4. Simulaciones e Intervalos de Confianza. Para construir los intervalos, utilizando procesos de Monte-Carlo, fue necesario hacer un gran número de simulaciones. En cada simulación, para una industria con n establecimientos, se seleccionaron aleatoriamente (y sin reemplazo) n establecimientos de toda la industria (aleatoriedad) y se calcularon las distancias entre ellos.
5. Interpretación de resultados: Una vez obtenidos los cálculos de cada industria, se ordenaron las simulaciones y utilizando percentiles se construyeron los intervalos de confianza locales y globales⁶. Los resultados se presentan en gráficas que permitan interpretar la significancia de la localización o dispersión para cada industria.

Los resultados obtenidos a partir de la implementación empírica del modelo microeconómico para la ciudad se presentan en la siguiente sección.

4. Resultados

La figura 3 contiene casos representativos del comportamiento de los sectores industriales en Bogotá. La línea continua (FD) es la Función de Densidad de cada industria e indica, en términos relativos, el número de establecimientos que se ubican en cada rango de distancia⁷. La línea punteada (ICL) indica los Intervalos de Confianza Locales obtenidos a partir de las simulaciones,

⁶A partir de la información de los intervalos de confianza y de las funciones de densidad se calcularon índices de localización y dispersión.

⁷Debido a que la distancia media entre establecimientos fue de 8.511 metros, los rangos de distancia que se tuvieron en cuenta solo llegan a los 8.5 kilómetros. Sin embargo, es claro de la definición de la función de densidad que tomando la totalidad de los rangos la función integra a 1.

mientras que la línea segmentada (ICG) muestra los Intervalos de Confianza Globales.

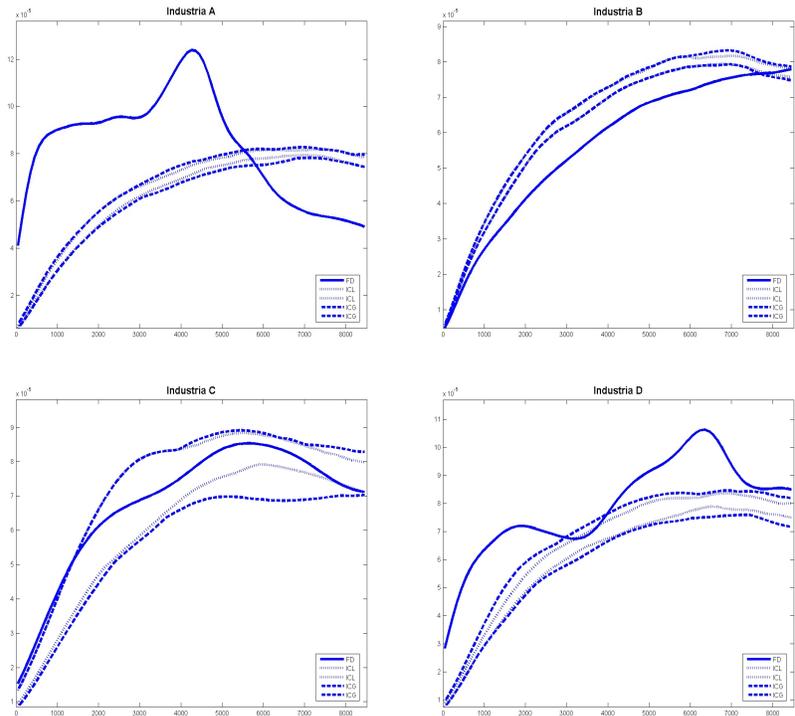


Figura 3: Casos representativos

Se observa que la industria *A* presenta dispersión a nivel local en la mayoría de los rangos de distancia, ya que su función de densidad (FD) está por debajo (se desvía significativamente) de los Intervalos de Confianza Locales - ICL (se desvía significativamente de un patrón de ubicación aleatorio en esos rangos de distancia). A nivel global, es decir, teniendo en cuenta simultáneamente todos los rangos de distancia, se observa que la función de densidad (FD) de la industria *A* está por debajo de los Intervalos de Confianza Globales (ICG) al menos en algún rango de distancia y no presenta localización global. Esto permite concluir que esta industria presenta dispersión global.

Caso contrario ocurre con la industria *B*. A nivel local, esta industria presenta un claro patrón de localización (concentración espacial) en la mayoría de rangos de distancia (0 a 5 kilómetros), y comienza a presentar dispersión a partir de los 6 kilómetros. Al observar los intervalos de confianza globales (ICG), se tiene que en al menos un rango de distancias la función de densidad

se desvía significativamente de aleatoriedad en todos los rangos de distancia, por lo que se puede concluir que los establecimientos de esta industria están localizados y no se ubican de manera aleatoria.

Gráficamente se observa que a nivel local los establecimientos de la industria C están ubicados aleatoriamente en todos los rangos de distancia, pues su función de densidad no se desvía significativamente de la banda de intervalos de confianza locales. Como esto también ocurre con la banda de intervalos de confianza globales, se puede concluir que, en general, los establecimientos de la Industria C se ubican aleatoriamente en la ciudad.

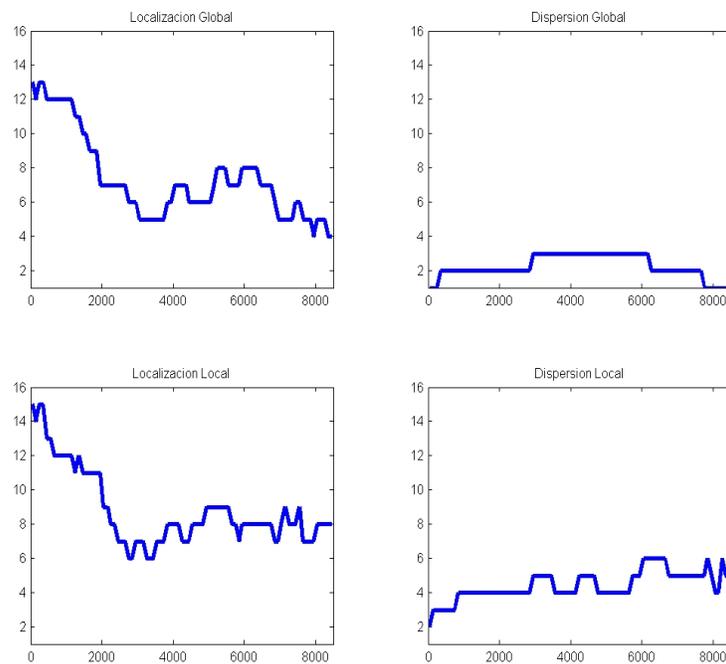


Figura 4: Número de industrias que se desvían de aleatoriedad

Otro caso representativo es el de la industria D. Esta industria tiene dos rangos de localización: 0 – 3.000 metros y 4.000 – 7.000 metros. De estos dos rangos, la mayor desviación de una ubicación aleatoria se encuentra cerca a los 6 kilómetros. Globamente se puede concluir que los establecimientos de esta industria tienden a concentrarse.

En general, los resultados indican que 21 de las 22 industrias se desvían localmente de aleatoriedad en algún rango de distancia, 19 industrias se desvían

hacia un patrón de localización y 11 industrias hacia uno de dispersión en algún rango de distancia. A nivel global, se encuentra que 20 de las 22 industrias se desvían globalmente del patrón de aleatoriedad en la ubicación de sus establecimientos. De estas, 17 están localizadas y 3 dispersas.

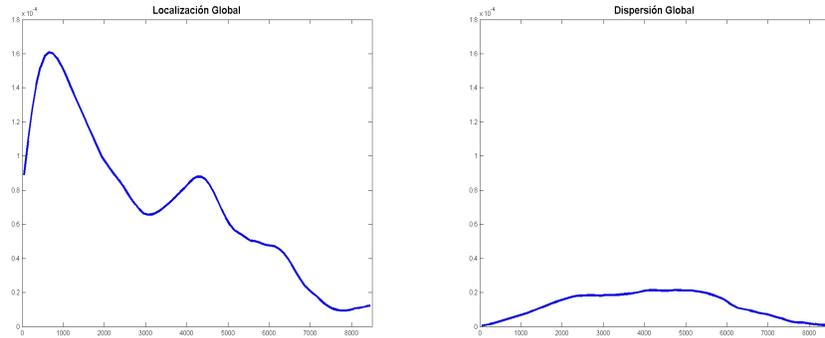


Figura 5: Índice de localización y dispersión global entre industrias.

La figura 4 indica el número de industrias que están localizadas o dispersas tanto local como globalmente. En cuanto a localización, a nivel local y global se tiene la misma tendencia: hay un gran número de industrias (9-11) que se aglomeran o concentran a distancias pequeñas (0 a 2 kilómetros), y un número menor (4-7) se localizan a distancias mayores (4 a 8 kilómetros). En cuanto a dispersión, se tiene que globalmente ocurre lo mismo en todas las distancias, aunque con un número muy pequeño de industrias (2-3). A nivel global, se observa que el número de industrias dispersas tiende a aumentar levemente con la distancia.

Finalmente, la figura 5 presenta una medida del grado en que las industrias en general se desvían del patrón de aleatoriedad. Para cada nivel de distancia d se sumaron los índices de localización (y de dispersión) global de todas las industrias, obteniendo así una medida del grado de localización (dispersión) entre ellas. Se observa en esta figura que la localización de los establecimientos industriales en Bogotá tiende a presentarse a distancias pequeñas (0-2 kilómetros), mientras que la dispersión no tiene ningún patrón definido.

5. Conclusiones

La implementación empírica del modelo de ubicación espacial de los establecimientos industriales propuesto por Duranton and Overman (2002) permitió determinar la existencia de concentración espacial de la industria en Bogotá y cuantificar su alcance geográfico. Creemos que no se han realizado estudios con los que se puedan comparar los resultados obtenidos.

Esta implementación puede ser extendida de varias formas. En primer lugar, se puede realizar una aproximación al análisis de Duranton y Overman para incluir el empleo como ponderador de cada firma, utilizando la información sobre activos. Esto puede dar alguna luz sobre el tamaño de las empresas que presentan patrones de localización. En segundo lugar, es muy valioso complementar estos estudios con una georreferenciación gráfica (mapas) de los establecimientos industriales en Bogotá. Otra extensión es el análisis a cuatro dígitos. Este permite discriminar entre actividades productivas muy heterogéneas que a dos dígitos se encuentran dentro de un mismo sector industrial.

Estudiar la evolución en el tiempo de estos patrones de localización es otra extensión que puede servir en el momento de abordar externalidades dinámicas. También se puede realizar un análisis de coaglomeración, enlazando este estudio con otros estudios sobre cadenas productivas, como el de Pardo (2003). Finalmente, como lo sugieren Duranton y Overman, es relevante evaluar empíricamente otras teorías de organización industrial. Frente a la que trabajan estos autores para el Reino Unido, la base de datos para Bogotá cuenta con la ventaja de tener información sobre ubicación espacial de otros sectores económicos (como servicios). Pero esto requiere plantear hipótesis diferentes, por ejemplo, evaluando la localización de los establecimientos del sector de servicios alrededor de centros de consumo; es decir, establecimientos de servicios a hogares ubicados en zonas densamente pobladas o firmas que ofrecen servicios para empresas localizadas en función de la densidad espacial de empresas. En conjunto, estos lineamientos serán útiles para precisar y cuantificar los hechos estilizados de la ubicación espacial de las actividades económicas al interior de Bogotá.

Más allá de los hechos estilizados, se puede partir de los resultados de este trabajo para profundizar en dos líneas de investigación propuestas por Rosenthal and Strange (2004). En primer lugar, se debe analizar otros alcances de estas concentraciones, como son el industrial y el temporal, con el fin de caracterizar mejor el fenómeno. En segundo lugar, está el análisis de las fuentes de estas economías de aglomeración. Esto implica estudiar en detalle qué mecanismos están generando esta concentración industrial, como por ejemplo compartir insumos, desbordamientos de conocimiento, efectos de mercado local, consumo o búsqueda de rentas (ver, Duranton and Puga (2004)). Este análisis de naturaleza y fuentes es un insumo necesario, mas no suficiente, para la elaboración de un apolítica de clusters que esté acorde con la configuración espacial de la actividad económica en el país. Sin embargo, esto requiere un trabajo adicional en el alcance y la calidad de la información. El DANE cuenta con información a nivel micro de actividad económica en diferentes sectores productivos y para todo el país, que es de mejor calidad que la información de las Cámaras de comercio. Con esta información georreferenciada, será posible tener un adecuado diagnóstico de fenómenos de localización estratégica de empresas en el país.

Referencias

- Ciccone, Antonio. 2002. "Agglomeration effects in Europe." *European Economic Review*.
- Combes, Pierre-Phillipe. 2000. "Economic structure and local growth: France, 1984-1993." *Journal of Urban Economics*, no. 47.
- Durantón, Gilles, and Henry Overman. 2002. "Testing for Localization using Micro-Geographic Data." *London School of Economics Working Papers*.
- Durantón, Gilles, and Diego Puga. 2004. "Micro-foundations of urban agglomeration economies." In *Handbook of Regional and Urban Economics*. Amsterdam: NorthHolland.
- Ellison, Glenn, and Edward Glaeser. 1997. "Geographic Concentration in U.S. Manufacturing Industries: A Dartboard Approach." *Journal of Political Economy*, no. 105.
- Fernández, Cristina. 1998. "Agglomeration and Trade: The case of Colombia." *Ensayos sobre Política Económica*. Banco de la República.
- Glaeser, Edward, Hedi Kallal, Jose Schenkman, and Andrei Shleifer. 1992. "Growth in Cities." *Journal of Political Economy* 100, no. 6.
- Henderson, Vernon, Ari Kuncoro, and Matthew Turner. 1995. "Industrial Development in Cities." *Journal of Political Economy* 103, no. 5.
- Hotelling, Harold. 1929. "Stability in Competition." *The Economic Journal* 39 (153): 41-57.
- Maldonado, Norman. 2004. "Innovación tecnológica como factor de aglomeración espacial en las regiones colombianas." *Cuadernos de Economía XXIII* (41): 71-107. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Pardo, Magdalena. 2003. "Definición, estructuración y consolidación de las cadenas productivas para Bogotá-Región." Technical Report, Departamento Administrativo de Planeación Distrital.
- Rosenthal, Stuart, and William Strange. 2004. "Evidence on the nature and sources of agglomeration economies." In *Handbook of Regional and Urban Economics*. Amsterdam: NorthHolland.
- Sánchez, Fabio, and Jairo Núñez. 2002. "Geography and Economic Development: a municipal approach for Colombia." *Planeación y Desarrollo*, no. XXI. Departamento Nacional de Planeación.
- Yemail, Beatriz. 2002. "La demanda local como determinante de la localización de la industria en Colombia: entre la historia y los modelos empíricos." *Economía y Desarrollo en Colombia*. Universidad Javeriana.
- Zamudio, Gabriel. 2001. "Nuevas áreas en Bogotá para el desarrollo de piezas similares a la del anillo de innovación. Vocación empresarial por localidades." Technical Report, Departamento Administrativo de Planeación Distrital.