

# OBSERVATORIO DE LA DINÁMICA URBANO REGIONAL

BOGOTÁ Y 31 MUNICIPIOS DE CUNDINAMARCA



Documentos de Investigación y Análisis



Universidad del  
**Rosario**



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

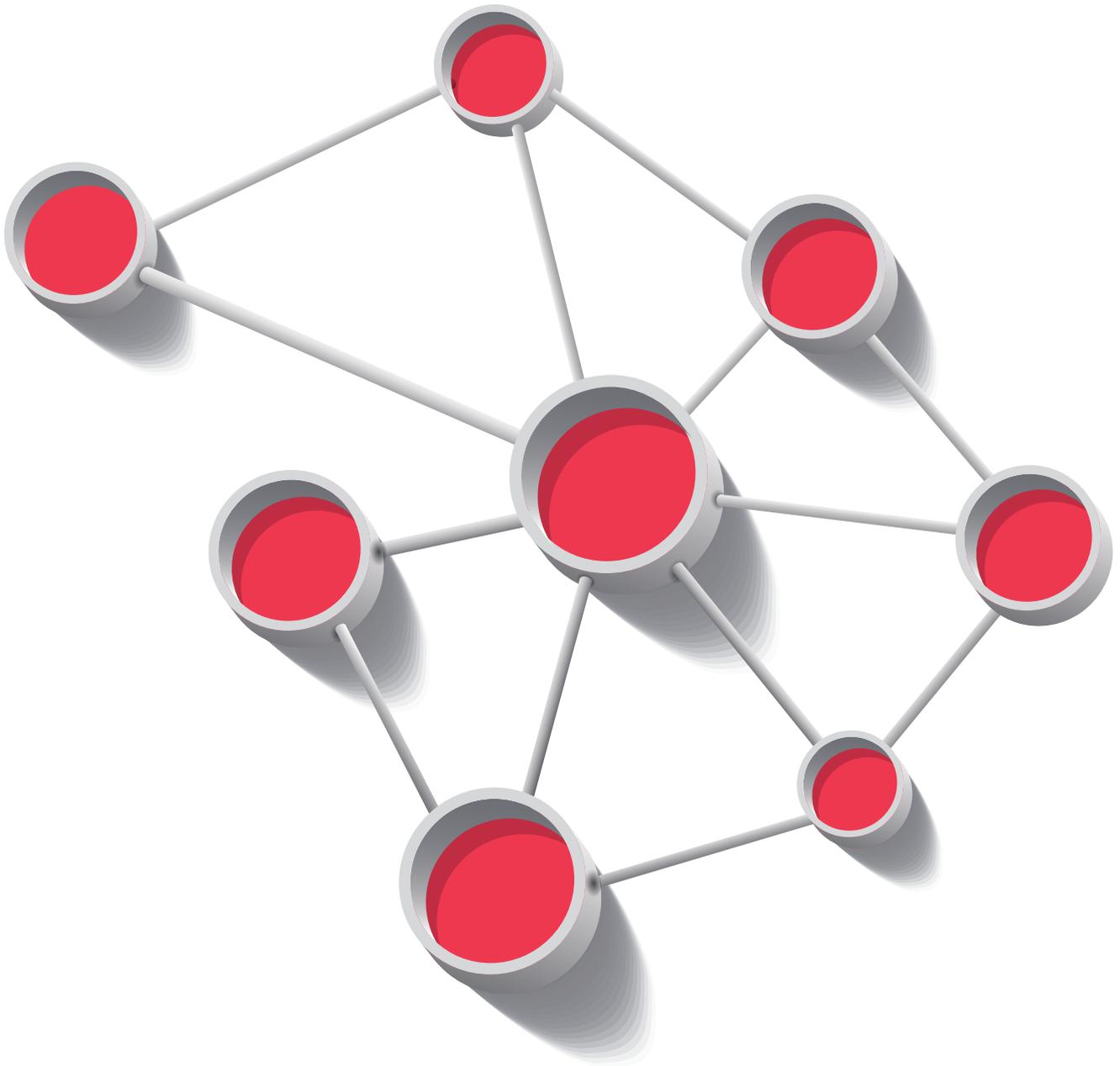
**BOGOTÁ**  
HUMANANA



# OBSERVATORIO DE LA DINÁMICA URBANO REGIONAL

---

BOGOTÁ Y 31 MUNICIPIOS DE CUNDINAMARCA



Documentos de Investigación y Análisis

## **ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ**

Secretaría Distrital de Planeación  
Cra 30 N° 25-90 TORRE B. PISO 1, 5, 8 Y 13  
BOGOTÁ D.C.  
2015  
www.sdp.gov.co

## **ALCALDE MAYOR DE BOGOTÁ D.C.**

Gustavo Francisco Petro Urrego

## **SECRETARIO DISTRITAL DE PLANEACIÓN**

Gerardo Ardila Calderón

## **SUBSECRETARIO DE PLANEACIÓN SOCIOECONÓMICA**

Octavio Fajardo Martínez

## **DIRECTOR DE ECONOMÍA URBANA**

Antonio José Avendaño Arosemena

### **Equipo técnico:**

#### **DIRECCIÓN DE ECONOMÍA URBANA**

Alejandro Valbuena López

Susana Chacón Espejo

Oscar Ospina Ramos

Supervisor: Hugo Torres Arias

## **UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**

Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas (CEPEC)  
Cra 7 N° 12B-41 Oficina 605  
BOGOTÁ D.C.  
www.urosario.edu.co

### **DIRECTOR DEL CEPEC**

Saúl Pineda Hoyos

Economista, MSc. Estudios políticos e internacionales

### **DIRECCIÓN DEL PROYECTO**

Luis Ricardo Argüello Cuervo

Economista, MSc. Economía Agrícola, PhD. Ciencia Regional.

Profesor Titular de la Facultad de Economía de la Universidad del Rosario.

Camilo Pinilla Castro

Arquitecto Urbanista, MSc. Diseño Urbano, M.Arch. Diseño Arquitectónico, PhD. Urbanismo.

Profesor Asociado de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, en la Maestría de Urbanismo.

## **COORDINACIÓN TÉCNICA**

Carlos Andrés Arévalo Pérez

Economista, Esp. Desarrollo Local y Regional, MSc. Planificación Urbana y Sostenibilidad.

Carlos Ernesto Escobar Vargas

Economista, MSc. Economía.

## **EXPERTO EN DESARROLLO URBANO Y TERRITORIAL**

Cristhian Ortega Ávila

Economista, Esp. en Planificación y Administración del Desarrollo Regional con énfasis en Ordenamiento Territorial, MSc. Economía.

## **EXPERTO EN ECONOMETRÍA**

Jesús Gilberto Otero Cardona

Economista, MSc. Economía, MSc. Quantitative Development Economics, PhD. Economía.

Profesor Titular de la Facultad de Economía de la Universidad del Rosario.

## **EXPERTOS INTERNACIONALES**

Carmen Fernández de Castro González – Arquitecta, planificador territorial y urbanista, MSc. en Planificación Territorial y Urbanismo.

Pedro Bernardo Ortiz Castaño – Arquitecto, MSc. Town Planning.

## **INVESTIGADOR ECONÓMICO**

Mauricio Cortés Garzón

Economista, MSc. Economía.

## **PROFESIONAL EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Gloria Judith Chaparro López

Ingeniera Catastral y Geodesta, Esp. En Sistemas de Información Geográfica.

## **EQUIPO ESTADÍSTICO**

Alexis Vladimir Maluendas Pardo – Estadístico, MSc. Economía.

Denis López Camacho – Estadístico.

Shennya Carolina Ruíz Parra – Estadística.

Areli Merari Moreno Fonseca – Estadística.

## **ASISTENTES DE INVESTIGACIÓN**

Diego Fernando Buitrago Cortés – Economista, Profesional en Finanzas y Comercio Internacional.

Ana Katherine Rivera Moreno – Economista.

Giordann Leonardo Borda Blanco – Economista.

## **PROFESIONAL ADMINISTRATIVO**

Roger Naranjo Bernal

Administrador de Empresas, Esp. Logística Integral, Esp. Mercadeo de Servicios

El presente documento es resultado del contrato No. 112 del año 2014 suscrito entre la Universidad del Rosario y la Secretaría Distrital de Planeación en el marco del Proyecto de Regalías No. 50043 "Diseño del Sistema de Análisis y Administración de la Información Socioeconómica y Espacial de Bogotá y la Región".

## **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Jesús Alberto Galindo Prada

Almadigital S.A.S.

almadigital2010@gmail.com

## **DISEÑO DE PORTADA**

Universidad del Rosario

## **IMPRESIÓN**

Panamericana Forma e Impresos S.A.

Este documento es público, ha sido realizado para generar valor público y para el disfrute de quienes están comprometidos con hacer de Bogotá una ciudad más democrática.

Está prohibida su venta.

La información contenida en el presente documento puede ser utilizada total o parcialmente mientras se cite la fuente.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra - incluido diseño y portada-, sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico, sin consentimiento por escrito de la entidad.

**ISBN Documentos de Investigación versión impresa:** 978-958-738-689-9

**ISBN Documentos de Investigación versión digital:** 978-958-738-690-5

Impreso en Bogotá, Colombia.

2015

# OBSERVATORIO DE LA DINÁMICA URBANO REGIONAL

---

BOGOTÁ Y 31 MUNICIPIOS DE CUNDINAMARCA

Documentos de Investigación y Análisis



# Tabla de Contenido

## **MANEJO DE INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LA PLANEACIÓN TERRITORIAL** 9

1. Introducción .....	13
2. El uso de la información en las regiones urbanas contemporáneas.....	14
2.1. Conceptualización sobre las regiones y su información.....	14
2.2. El manejo de la información regional.....	16
3. Los Sistemas de información geográfica SIG .....	21
3.1. Precisiones .....	21
3.2. Metodología de los casos para trabajar con el SIG .....	22
4. Casos .....	25
4.1. Caso 1: Categorización de las UPZ de Bogotá según sus asentamientos empresariales de sectores estratégicos de la Red Clúster .....	25
4.2. Caso 2: Compacidad Urbana de Bogotá.....	33
5. Recomendaciones y conclusiones sobre el manejo de información con el SIG.....	42
Bibliografía .....	44

## **ESTIMACIÓN DEL EFECTO DE CAMBIOS EN LAS EXPORTACIONES SOBRE EL EMPLEO, LA POBREZA Y LA DESIGUALDAD. UNA APLICACIÓN A LA ECONOMÍA DE BOGOTÁ.** 47

1. Introducción .....	51
2. Revisión bibliográfica.....	53
3. Marco teórico .....	58
4. Marco empírico .....	63
5. Resultados .....	73
6. Conclusiones.....	76
Bibliografía .....	77
Anexo .....	79

## **INTEGRACIÓN ESPACIAL DE PRECIOS DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS** 91

1. Introducción .....	95
2. Marco Teórico .....	97
3. Revisión bibliográfica.....	98
4. Datos.....	100
5. Análisis econométrico.....	101
6. Diferenciales de precios y distancia.....	103
7. Velocidad de ajuste y distancia .....	105
8. Conclusiones.....	106
Anexos .....	113
Bibliografía .....	124



# Presentación

La generación, procesamiento y análisis de información urbano-regional es fundamental para configurar sistemas de información que ayuden a los gobiernos a lograr una mejor comprensión de las interacciones entre la dinámica económica, social y ambiental en el nivel local. Es por esto, que la Secretaría Distrital de Planeación identificó la necesidad de contar con un sistema de análisis de información que genere respuestas tanto para las necesidades técnicas de los tomadores de decisiones como para los requerimientos de la población para mejorar su comprensión de sus entornos locales, expresar sus intereses, y participar activamente en la institucionalidad democrática de sus territorios. Esta necesidad se ha empezado a suplir con los primeros resultados asociados al proyecto: “Sistema de análisis y administración de información socioeconómica y espacial para Bogotá y la Región”, el cual gestionaron la Secretaría Distrital de Planeación - SDP - y la Unidad Administrativa Especial de Catastro – UAECD - ante el Fondo de Desarrollo Regional del Sistema General de Regalías el durante el 2012.

El diseño de las actividades y componentes de este sistema se suma a la Encuesta Multipropósito para Bogotá y la Región como un resultado fundamental para el funcionamiento del Observatorio de la Dinámica Urbano Regional (ODUR), el cual debe constituirse en un sistema que le permita a las autoridades locales y regionales, empresarios y a la sociedad en general, tener una mejor comprensión de las fuerzas económicas, sociales, institucionales y territoriales que ocurren en Bogotá y los 31 municipios, las cuales impactan las condiciones de vida de los habitantes y la actividad económica del tejido productivo de la ciudad-región.<sup>1</sup> Este diseño

<sup>1</sup> Para los fines del presente proyecto, el carácter regional se circunscribe a 31 municipios del departamento de Cundinamarca: 20 de ellos conforman el denominado ámbito metropolitano de Bogotá (Bojacá, Cajicá, Chía, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Fusagasugá, Gachancipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Sibaté, Soacha, Sopó, Subachoque, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Zipaquirá) y otros 11 denominados cabecera de provincias del departamento (Cáqueza, Chocontá, Gachetá, Girardot, Guaduas, La Mesa, Medina, Pacho, San Juan de Rioseco, Ubaté, Villeta).

es producto del trabajo conjunto de la Universidad del Rosario y la Secretaría Distrital de Planeación. La primera como ejecutor del Contrato 112 de 2014 cuyo objeto es precisamente el desarrollo de las actividades y componentes del sistema de análisis de la información socioeconómica y espacial de Bogotá y la Región, y la segunda como institución encargada de definir los lineamientos metodológicos de ese sistema. Las acciones conjuntas de estas dos instituciones han generado las bases conceptuales y metodológicas que deben soportar el funcionamiento del ODUR.

Estas bases se refieren a la ruta técnica del sistema de análisis, la base de datos consolidada y depurada de la información secundaria disponible en el contexto distrital y su entorno regional, los lineamientos metodológicos para el levantamiento de información primaria de los establecimientos económicos, las estructuras de agregación asociadas al análisis urbano-regional, los objetivos, temas y líneas de investigación del ODUR y los primeros tres productos que desarrollen algunas de las líneas de investigación propuestas para el desarrollo del ODUR.

Los tres documentos que se presentan a continuación resultan del interés de la Universidad del Rosario y la Secretaría Distrital de Planeación de ofrecer a la administración distrital elementos de análisis que soporten decisiones de política pública, los cuales están fundamentados en las líneas de investigación propuestas para el ODUR y son la prueba de la importancia de contar con lineamientos analíticos que orienten su desarrollo y validen su pertinencia en el contexto de las reflexiones y análisis requeridos para impulsar el desarrollo sostenible de Bogotá y la región.

El primer documento presenta un análisis descriptivo y aplicado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis urbano-regional. Estos sistemas permiten identificar y clasificar información con referencia espacial para generar valor agregado a través de modelaciones

que producen nueva información para analizar las relaciones funcionales que las personas, empresas y administraciones públicas tienen con el territorio. En estos análisis la distancia no sólo es la medición física de la disposición de los agentes en el espacio, sino también es el reflejo de las diferencias y similitudes institucionales, económicas, sociales y ambientales determinadas por la acción de esos agentes en el espacio. Es en el análisis de esas diferencias y similitudes donde los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta potente y útil para la toma de decisiones en la planeación territorial. Las aplicaciones que se presentan en el documento hacen uso del SIG para categorizar las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) según la disposición geográfica de las empresas de sectores estratégicos de la ciudad y medir el grado de compacidad urbana de Bogotá. Ambos son insumos necesarios para evaluar la estructura socioeconómica y espacial de la ciudad y analizar el proceso de crecimiento físico de la ciudad.

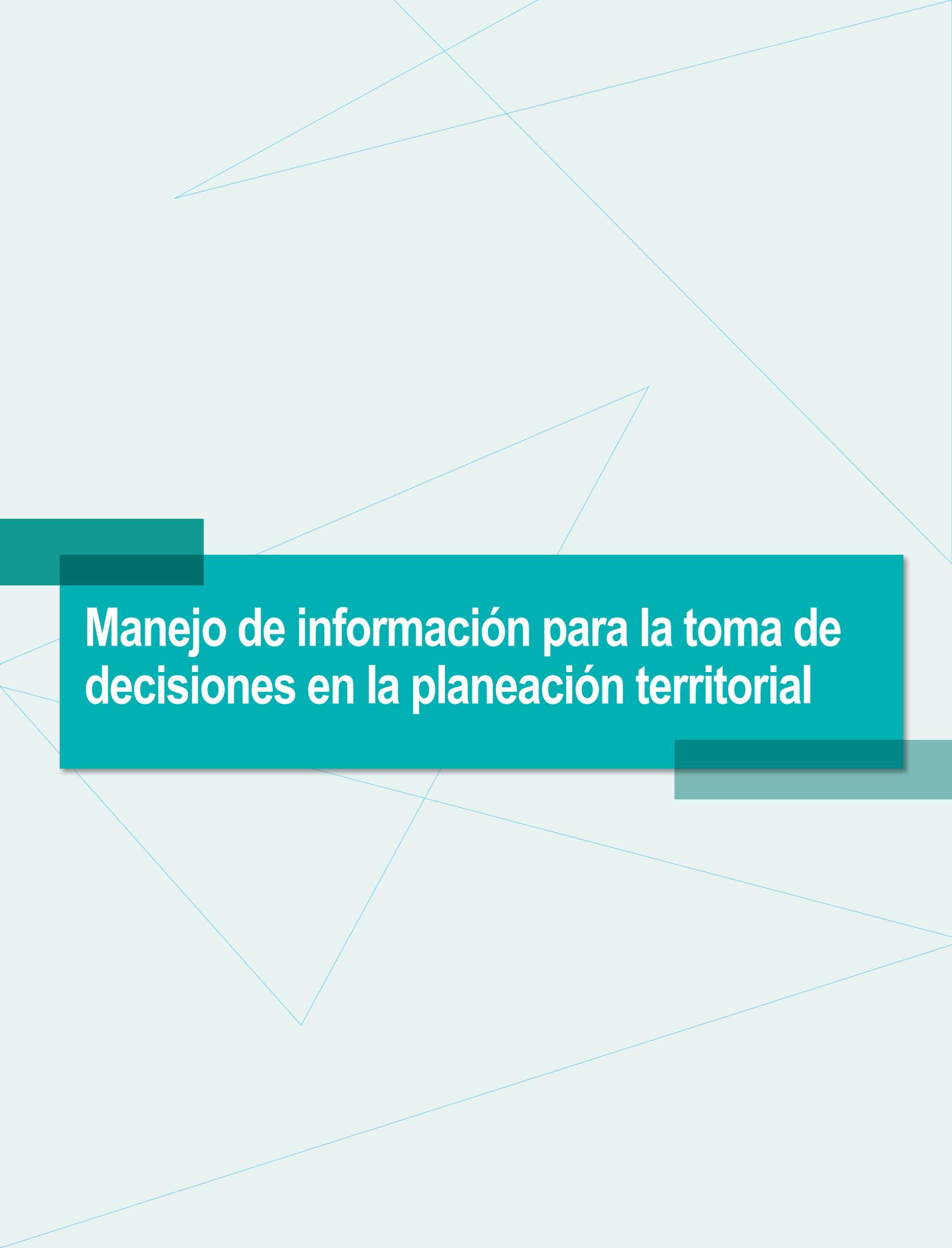
El segundo documento analiza la relación entre exportaciones, empleo, pobreza, y distribución del ingreso con una metodología que combina técnicas macro y microeconómicas reconocidas en la literatura especializada y novedosa en cuanto a su aplicación para el caso de Bogotá. En el contexto macro se hace uso de una de las estructuras de agregación más utilizadas en el análisis económico, como es la Matriz Insumo Producto. En el contexto micro se utiliza un modelo de micro simulación diseñado por el Departamento de Asuntos Sociales y Económicos de Naciones Unidas (UNDESA, por su sigla en inglés). El vínculo entre ambos modelos es una matriz de empleo construida a partir de la Encuesta Multipropósito de Bogotá 2014, mostrando la pertinencia y congruencia del diseño conceptual del proyecto general del sistema de análisis, dentro del cual se concibe la generación de información primaria relevante para

el análisis urbano - regional y la toma de decisiones que de este se desprende. En efecto, el principal resultado del documento indica que los efectos del sector externo sobre el empleo tienden a ser moderados y no producen efectos significativos sobre la tasa de incidencia de la pobreza y la desigualdad. En este sentido, cobra especial relevancia profundizar y cualificar las interacciones al interior del mercado interno de la ciudad, y de estos con la región.

El tercer documento analiza precisamente como el costo de las interacciones entre los mercados, medido a través de la distancia geográfica como proxy de los costos de transporte, fomenta o limita la integración de mercados. Es lugar común el debate sobre la congestión vehicular en Bogotá y sus puntos de conexión con el resto del país, y los altos costos de transacción que esta implica para la sociedad en términos de tiempo invertido en desplazamiento y aumento de precios de bienes y servicios. Haciendo uso de una base de datos de precios de productos agrícolas cuyas características temporales y geográficas ofrecen ventajas sobre otras bases utilizadas en la literatura regional y nacional, el documento muestra como el aumento de los costos de transporte entre dos lugares aumenta también el tiempo de ajuste de los precios relativos para corregir desequilibrios, y aumenta la diferencia absoluta de precios. Más allá de la sintonía de este resultado con las predicciones teóricas, la relevancia del mismo radica en las implicaciones sobre el desequilibrio territorial asociado a la reducción de la pobreza y la capacidad de pago de los hogares. La persistencia de altos costos relativos de transporte limita las posibilidades de reducción de la pobreza y mejoras en la calidad de vida de los ciudadanos localizados en zonas con menor poder de mercado, que generalmente están apartadas tanto en lo geográfico como en lo tecnológico e institucional de las configuraciones metropolitanas.

**Antonio José Avendaño Arosemena.**

Director de Economía Urbana  
Secretaría Distrital de Planeación



# Manejo de información para la toma de decisiones en la planeación territorial



# Manejo de información para la toma de decisiones en la planeación territorial

## Resumen

El presente trabajo está inscrito en el contexto de la formulación del ODUR, un observatorio de la dinámica urbano-regional para Bogotá y 31 municipios de Cundinamarca. En el documento se explica y dan ejemplos del manejo de información por medio de Sistemas de Información Geográfica SIG, para considerar su utilidad en la toma de decisiones en la planeación territorial. Se argumenta que el trabajo con el SIG sirve para identificar y clasificar información, para entablar comparaciones y elaborar modelaciones. Se explica que los SIG tienen como ventaja manejar y procesar información compleja, referenciar geográficamente esta información en mapas y en especial “*geoprocesar*” esta información para producir información nueva. Para ilustrar estos conceptos, se presentan dos ejemplos. El primero, está relacionado con la categorización de las UPZ de Bogotá según sus asentamientos empresariales de sectores estratégicos de la Red Clúster. En este caso se ilustra cómo con el SIG se maneja, procesa y referencia geográficamente información compleja en mapas para facilitar su seguimiento y evaluación. El otro, está relacionado con una medición del índice de compacidad de Bogotá, ilustra cómo, con el SIG se pueden procesar datos geográficamente para obtener nueva información. Al final del documento se elaboran conclusiones sobre la utilidad del SIG en la toma de decisiones para la planeación territorial y se formulan algunas sugerencias para su aplicación dentro del contexto del ODUR.

## AUTORES

Andrés Arévalo, Economista

Judith Chaparro, Ingeniera Catastral y Geodesta

Christian Ortega, Economista

Camilo Pinilla, Arquitecto Urbanista



# 1. Introducción

El presente trabajo está inscrito en el contexto de la formulación del ODUR, un observatorio de la dinámica urbano-regional para la Bogotá y 31 municipios aledaños<sup>1</sup>. Los observatorios urbanos son herramientas para el monitoreo y la evaluación de diferentes temáticas. Su función es la de establecer una serie de contenidos organizados de tal forma que tanto expertos como no profesionales tengan acceso a la información que monitorea un territorio. El ODUR no es una excepción a esta definición, ya que busca ser un soporte para la toma de decisiones en cuanto a la planeación del territorio y un instrumento de comunicación con la sociedad que lo habita<sup>2</sup>.

Dentro del contexto mencionado en el párrafo anterior, una de las tareas principales para el ODUR es definir la estructura y la forma de organización de la información. Este trabajo se hace en dos sentidos: por un lado, se deben establecer metodologías de investigación y consecución de la información; por el otro, se deben establecer formas de comunicar esta información a los diferentes grupos de población que la consultarán. Claramente, el manejo de la información está en el centro de la problemática del ODUR.

Una de las mejores formas de trabajar con esta información es la utilización de Sistemas de Información Geográfica SIG, ya que estos permiten manejar y clasificar información compleja temáticamente, referenciar la información geográficamente a un mapa, procesar la información con cómputos y algoritmos programados para producir nueva información y comunicarla con facilidad a diferentes usuarios. Dadas

<sup>1</sup> Para entender la conceptualización del ODUR, ver el documento "Ruta técnica del observatorio de la dinámica urbano regional de Bogotá y 31 municipios de Cundinamarca (ODUR)", producto no. 2 - contrato no. 112 de 2014. Elaborado por la Universidad del Rosario - Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas (CEPEC)

<sup>2</sup> Los autores de este documento hacen parte del equipo de trabajo que a la fecha de elaboración se encarga de la formulación conceptual y metodológico del ODUR para la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá, en el marco del contrato no. 112 de 2014

estas condiciones, el objetivo de este documento es explicar y dar ejemplos del manejo de información por medio de Sistemas de Información Geográfica SIG, para considerar su utilidad en la toma de decisiones en la planeación territorial, particularmente en el ODUR.

Hecha esta introducción, el capítulo 2 habla sobre el manejo de la información en las regiones urbanas contemporáneas con ejemplos puntuales en ciudades latinoamericanas. En el capítulo 3 se presentan conceptos básicos sobre los SIG y se describen las ventajas de su utilización para la toma de decisiones en la planeación territorial. Además, se introducen los ejemplos del capítulo 4 y se describe la metodología técnica que se utiliza para desarrollarlos. En el capítulo 4 se desarrollan los dos casos de aplicación de un SIG como ayuda para la toma de decisiones en la planeación territorial. El primer caso desarrolla un estudio para categorizar las UPZ de Bogotá en función de la localización de empresas con respecto a los sectores estratégicos de la Red Clúster. El segundo caso ilustra la medición de la compacidad urbana en Bogotá. En ambos casos se definen los objetivos de la medición, la información utilizada, las formulas empleadas y se presentan los resultados obtenidos. Finalmente, en el último capítulo, se hacen recomendaciones y conclusiones sobre el manejo de información con el SIG aplicados a la planeación territorial y a la toma de decisiones. Se describen las ventajas del uso del SIG como herramientas de toma de decisiones y se deja abierto a discusión el concepto del geoprocetamiento colectivo.

En este capítulo se conceptualiza sobre la manera como se maneja la información en las regiones urbanas contemporáneas poniendo énfasis en la complejidad, la multiplicidad de actores y de escalas. Se ilustran ejemplos de manejo de información con Sistemas de Información Geográfica SIG en ciudades latinoamericanas y se enuncian algunos de los objetivos para los que se trabaja con SIG. Entre los objetivos se conceptualiza y presentan ejemplos sobre las taxonomías (identificación y clasificación de información), las comparaciones y los modelos.

## 2. El uso de la información en las regiones urbanas contemporáneas

### 2.1 Conceptualización sobre las regiones y su información

Debido al crecimiento, interdependencia e interacción entre diferentes grupos de ciudades, los temas relacionados con “regiones”, “aglomeraciones”, “redes” o “ciudades-región”, están en el primer plano del urbanismo y la planeación urbana. A pesar de la abundancia de conceptos, teorías y estudios empíricos sobre las regiones, que supondría una claridad y avance sobre el tema, los análisis de una región en particular están siempre inmersos en una complejidad de actores y territorios. Los actores representan intereses públicos y privados identificados en el accionar de entidades que, entre otros, dan cuenta de promotores, asociaciones, representantes gubernamentales, inversionistas, grupos locales y organizaciones con y sin ánimo de lucro. En paralelo, las relaciones de estos actores ocurren en territorios físicos determinables cuyo resultado es la transformación misma de dichos territorios (Hall & Tewdwr-Jones, 2010; Mcloughlin, 1969; Delgado, 2003).

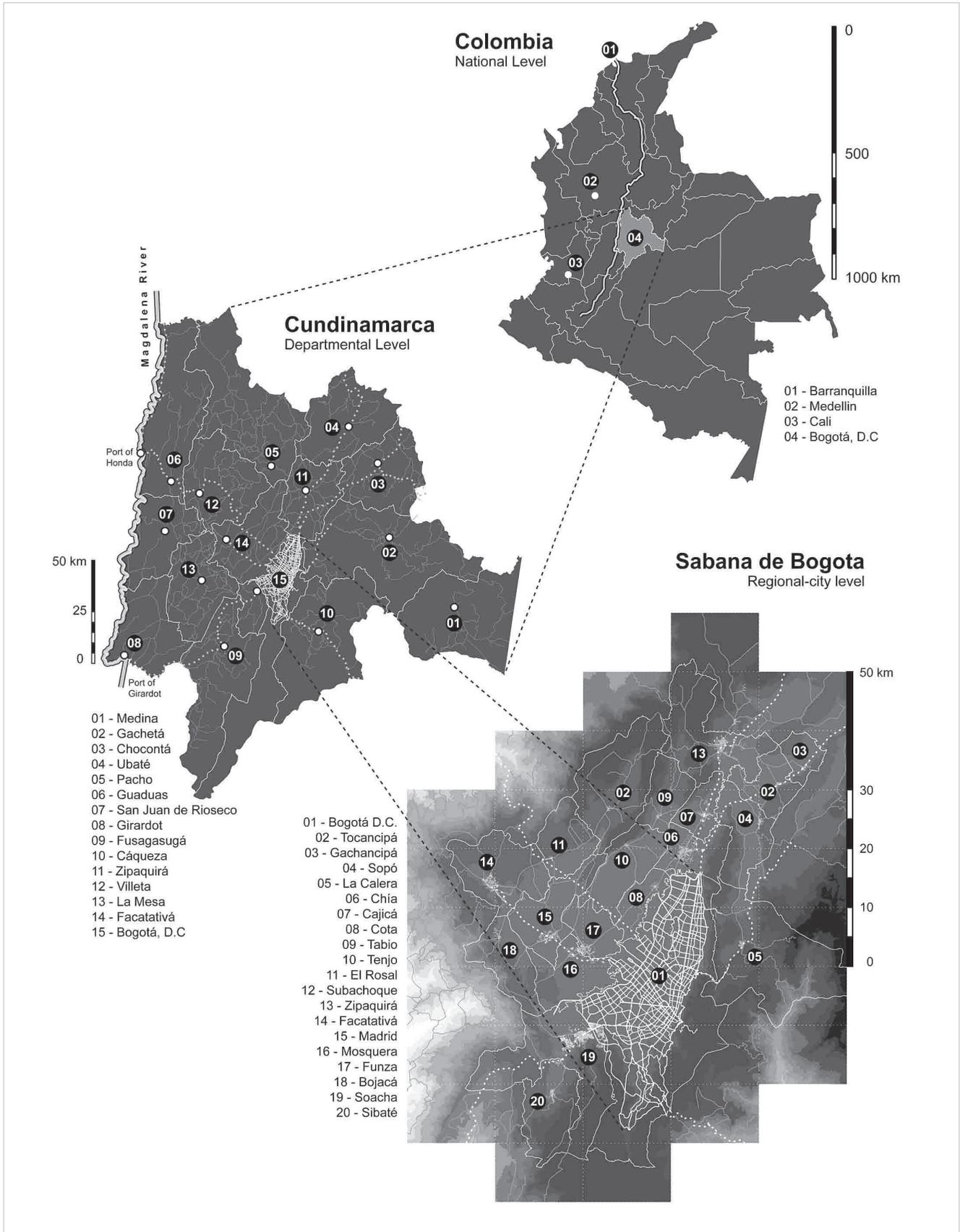
Una de las características más relevantes dentro de las relaciones entre actores en territorios regionales es la condición multi-escalar del sistema

de interacción. Este fenómeno ocurre debido a que los actores participantes representan intereses de diferentes jerarquías tales como las internacionales, nacionales, departamentales o municipales. Igualmente, para ejercer la influencia necesaria para obtener sus objetivos, los actores se valen de componentes territoriales que también pueden catalogarse a través de su nivel de influencia: por ejemplo relacionar un proyecto industrial a una vía de orden nacional, proteger el carácter local de un barrio, localizar un centro de acopio en un cruce de caminos regionales o resguardar un bosque porque hace parte de un corredor ecológico nacional. En otras palabras, la escala nos ayuda a diferenciar las características del territorio y a entender las intenciones de los actores que operan en él<sup>3</sup>.

Las observaciones del párrafo anterior son entendibles con la manera como está organizada la información en las diferentes ciudades del mundo. Por lo general, encontraremos información estadística, socioeconómica y cartográfica a nivel nacional, regional, departamental, sub-departamental (rural), municipal, zonal y, en caso de mucha depuración, a nivel barrial, de manzana y del predio. Esta organización no está libre de problemas, pues definir los bordes y límites entre cada escala no es tarea fácil. Mucho menos lo es tratar de analizar sistémicamente las relaciones e influencias de una escala sobre las otras. Sin embargo, es la forma como las ciudades y países operan para manejar su información.

<sup>3</sup> En este aspecto ver por ejemplo el capítulo de Ámbitos y escalas regionales para la delimitación de la Región Metropolitana de Bogotá. Secretaria Distrital de Planeación (2014)

Figura 1. Organización territorial y administrativa por escalas: Colombia, Cundinamarca, Bogotá.



Fuente: Elaborado por Camilo Pinilla

## 2.2 El manejo de la información regional

En años recientes, y como consecuencia del crecimiento e interrelación de las ciudades, ha habido un auge en la consolidación de Sistemas de Información Geográfica. En general, las ciudades mismas se han complejizado tanto, que su manejo se ha convertido en un tema de manejo de información.

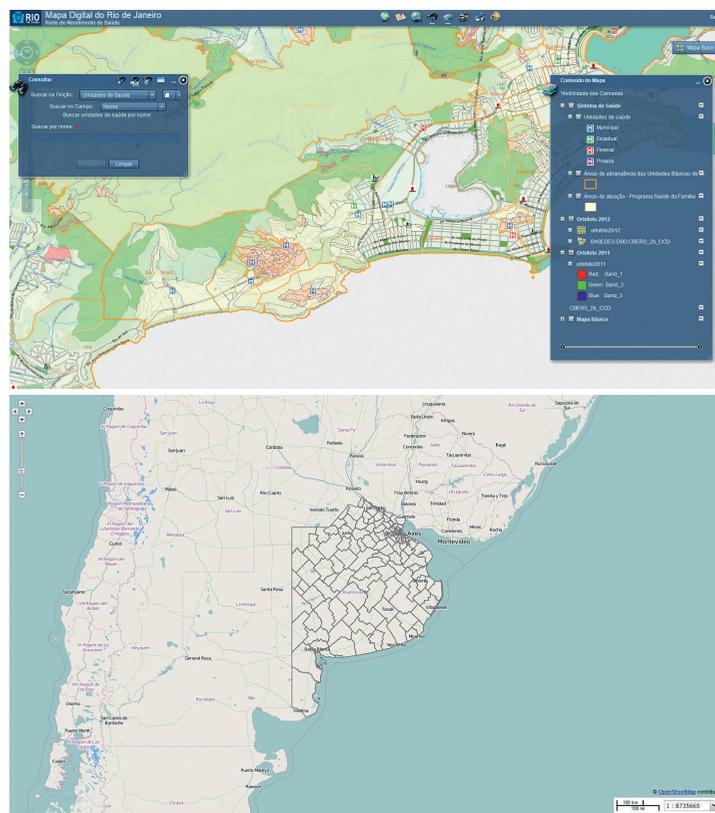
Rio de Janeiro por ejemplo, cuenta con el Sistema Municipal de Información Urbana SIURB (Sistema Municipal de Informações Urbanas), administrado por el Instituto Pereira Pasos Rio de Janeiro IPP. La plataforma del SIURB cuenta con una interfaz en internet, en la cual los usuarios pueden consultar temas de usos del suelo, aspectos demográficos, de seguridad o de catastro, entre otros. (Ver <http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb>).

Otro ejemplo, pero en este caso a nivel nacional, puede verse con el Observatorio Urbano del

Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. El observatorio maneja temas de Demografía, Economía, Edificación y Uso del Suelo, Infraestructura, Inversión y Gestión Pública, Medio Ambiente Urbano, Percepción Ciudadana, Servicios, Sociedad, Transporte y Vivienda. Lo interesante de este observatorio es que dice “entregar información para que cada ciudadano o ciudadana, estudiante, técnico, profesional, del sector público o privado, pueda evaluar acciones y políticas urbanas que respondan a sus necesidades e intereses” (Ver <http://www.observatoriourbano.cl/Utilidad/index.asp>).

Finalmente, la provincia de Buenos Aires utiliza la Infraestructura de datos espaciales de Buenos Aires **IDEBA**. Este portal, inscrito dentro de la Infraestructura de datos espaciales de Argentina, maneja una incorporación progresiva de las tecnologías geoespaciales en el ámbito urbano regional de la Provincia de Buenos Aires. (Ver <http://sig.gobierno.gba.gov.ar/sig/ideba/>)

**Figura 2. Arriba: Sistema Municipal de Informações Urbanas de rio de Janeiro SIURB. Abajo: Infraestructura de datos espaciales de Buenos Aires IDEBA**



Fuente: <http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb>) y <http://sig.gobierno.gba.gov.ar/sig/ideba/> Consultado en junio de 2015

Los anteriores ejemplos son casos de algunas de las ciudades latinoamericanas con las que Bogotá suele compararse. Son ciudades que comparten similitudes en aspectos demográficos, de seguridad o de informalidad y con las que comparaciones en temas como el transporte, la vivienda o el manejo de la inversión pública se convierten en atractivos pilares de referencia para el debate. Tal como lo hacen estas ciudades, muchas otras están también invirtiendo en la utilización de los SIG. A continuación se enuncian algunos de los objetivos para los que se trabaja con SIG.

### a. Taxonomías

En primer lugar, el manejo de información que se da en los observatorios urbanos tiene que ver con la simple identificación y clasificación de los

datos en sus diferentes disciplinas. Este aspecto tiene que ver con la descripción taxonómica de las variables de la región a observar y de las temáticas que componen la clasificación. Con este tipo de información se puede monitorear una región y describirla por ejemplo, en términos socioeconómicos, de población, de productividad o de seguridad, entre otros.

La herramienta esencial para manejar este tipo de información es el indicador. UN-HABITAT define los indicadores urbanos como “un conjunto de instrumentos de gestión, que permite identificar la realidad urbana y servir de base para la formulación de políticas, programas y proyectos que la mejoren en forma continuada y sostenible”. A continuación se ilustran los indicadores seleccionados por el programa “Bogotá cómo vamos” presentados para UN-HABITAT.

**Figura 3. Presentación de los indicadores para la experiencia de “Bogotá como Vamos”**

En este sentido, es útil la clasificación por sectores tal como lo realiza la experiencia de Bogotá Cómo Vamos:

- Educación
- Salud
- Agua potable y saneamiento
- Hábitat – Vivienda
- Medio ambiente
- Espacio público
- Movilidad
- Responsabilidad ciudadana
- Seguridad ciudadana
- Gestión pública
- Finanzas públicas
- Desarrollo económico



Fuente: presentación interna “observatorios Urbanos: Mecanismos de procesamiento de información” Un Hábitat

### b. Comparaciones

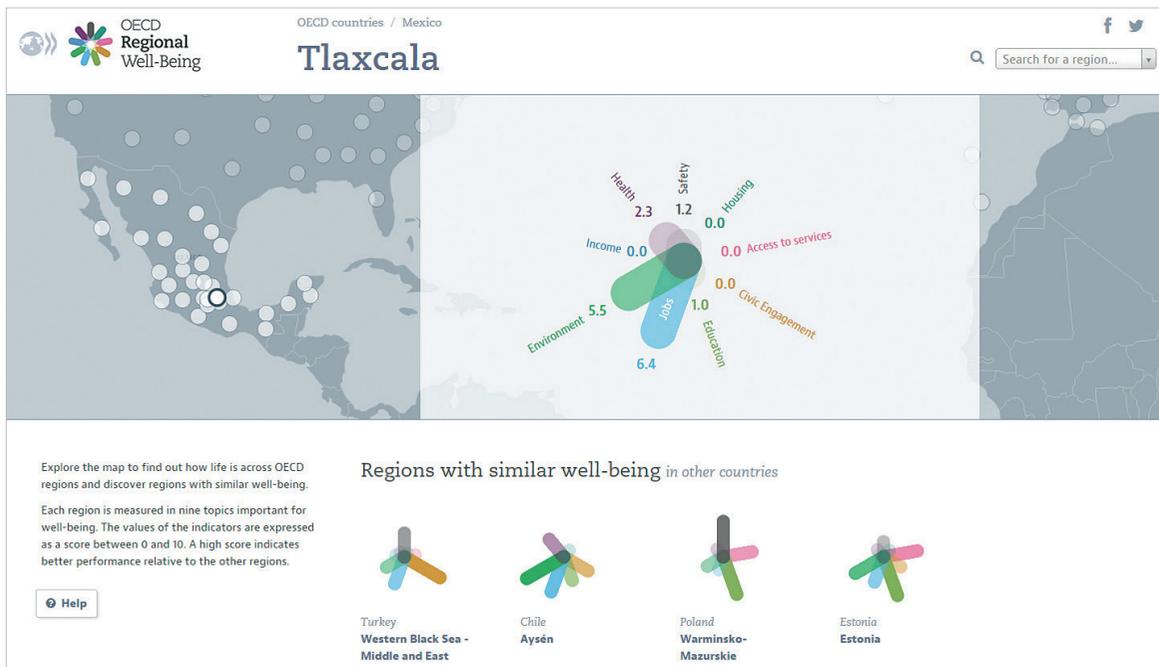
En segundo lugar, se maneja la información para entablar comparaciones. Durante los últimos años se ha incrementado la utilización de “rankings” para comparar el desempeño de una región con otra en indicadores particula-

res. Un ejemplo de este tipo de observatorios es la medición que hace la OECD para identificar el bienestar regional (ver <http://www.oecdregionalwellbeing.org/>). Esta medición permite la comparación de 367 regiones en 33 países. La definición de bienestar se ha “repartido” en 9 indicadores –Educación, empleo, ingresos,

seguridad, salud, medio ambiente, participación cívica, accesibilidad a servicios y vivienda-, los cuales son calificados y computados en una escala de 0 a 10. En el ejemplo que se ilustra a continuación se muestra la interfaz de la página web de la OECD donde se seleccionó la región de Tlaxcala, Méjico. Seguidamente, se muestra

el desempeño de la región en los indicadores anteriormente mencionados y posteriormente se seleccionan las regiones del Mar Negro occidental, medio y oriental en Turquía, Aysén en Chile, Warminosko-Mazurkie en Polonia y en Estonia, como regiones que tienen un desempeño similar al de Tlaxcala.

**Figura 4. “OECC Regional Well Being Observatory”**



Fuente: <http://www.oecdregionalwellbeing.org/>. Consultado junio de 2015

### c. Modelaciones

En tercer lugar, el manejo de información se hace para elaborar modelaciones. En términos científicos, los modelos son combinaciones de variables computadas usadas para describir, explicar y, finalmente, predecir fenómenos. En los modelos computacionales utilizados para entender fenómenos complejos es posible formular algoritmos con los que una serie de datos de entrada produce un resultado de salida. Este nuevo resultado de salida puede servir para comparar información con otras regiones en temas específicos, para revisar el umbral de desempeño en ciertos contenidos de la región o para hacer seguimiento a un conglomerado de variables de una manera integral.

Claramente, la modelación tiene una mayor proximidad con los aspectos económicos que

con los urbanísticos por su relación con la econometría. Esto se debe a que las ramas de las matemáticas, la estadística y la programación, generalmente utilizadas dentro de la econometría, tienen un mayor desarrollo histórico en aspectos económicos que en los aspectos urbanísticos y regionales. Solamente en años recientes, con la globalización y sus efectos en temas de empleo, mercados, la generación de precios, la necesidad de ocupar suelos productivos o las reglas que guían el intercambio de bienes, han comenzado a ser parte integral del discurso urbanístico de las ciudades y las regiones. La clave de este auge en la interacción entre economía y desarrollo urbano aparece cuando se habla de especialización funcional, de formación de interdependencias productivas, de la oferta de mano de obra y su localización en el territorio y la manera como el transporte ayuda a que estas se generen. Describir, entender y predecir cómo estos fenómenos se dan

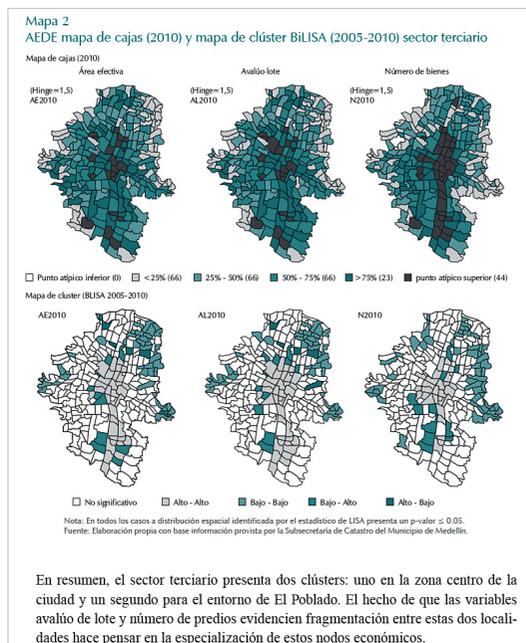
o se darán en el territorio es claramente una labor compleja que es manejable principalmente con la modelación.

En capítulos siguientes se presentarán ejemplos detallados sobre modelaciones. A continuación se presenta un pequeño ejemplo descrito en el artículo “Localización espacial de la actividad económica en Medellín, 2005-2010. Un enfoque de economía urbana” (Galeano, 2013). En este trabajo se identifican las aglomeraciones espaciales que prevalecen en la configuración de la actividad económica de Medellín entre el 2005 y el 2020. El análisis permite identificar localizaciones excepcionales o tendencias generales en términos de heterogeneidad o interdependencias entre las variables analizadas. Los datos, suministrados por la subsecretaría de Catastro de la Secretaría de Hacienda de Medellín, parten del predio, su uso y su valor catastral.

Tal como lo describe Galeano, la base de datos definitiva se depuró consolidándola con 265 barrios y 7 actividades económicas, dos sectores macro (secundario y terciario) y cinco regiones económicas micro con origen en la desagregación del sector terciario: servicios turísticos, servicios a las empresas, servicios educativos especializados, servicios de salud y servicios comerciales; e incluye como variables la sumatoria de avalúos de lote, la sumatoria de áreas efectivas ocupadas por cada actividad y número de predios, medidas en proporciones de acuerdo al tamaño de los barrios. Con esta información se corrieron modelos para identificar la correlación espacial y la existencia de aglomeraciones con el índice de Morán, y el mapa de clúster basado en la prueba de Lisa (local indicators of spatial association).

Teniendo en cuenta que el interés de este documento no es el de explicar a cabalidad la metodología computacional con la que se abordó el trabajo, sino el de ilustrar cómo la combinación de algunas variables y datos seleccionados procesados modelan una situación, a continuación se seleccionan algunos de los resultados obtenidos por Galeano en su modelación. Respecto al sector terciario, identifica los clústeres del centro y el Poblado en cuanto a su especialización.

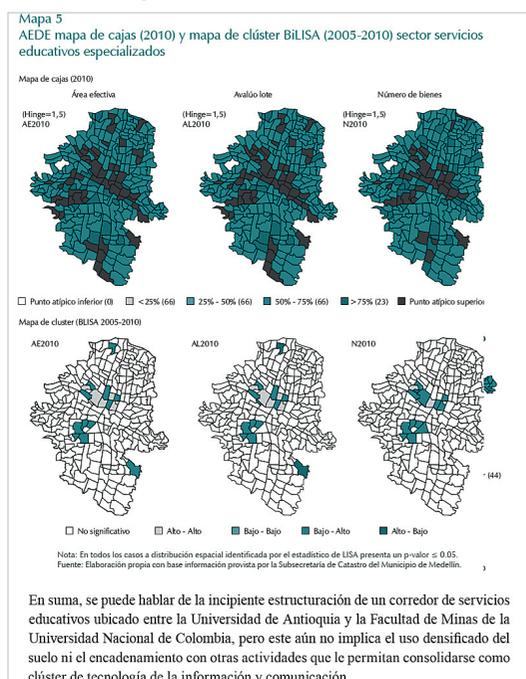
Figura 5. Clústeres en el sector terciario de Medellín



Fuente: Galeano, 2013

Respecto a los servicios educativos especializados, identifica un eje que se extiende en sentido oriente-occidente, cruzando el Río desde la Universidad de Antioquia hasta la facultad de Minas de la Universidad Nacional, aunque de una manera incipiente y sin consolidar un clúster tecnológico para la ciudad.

Figura 6. Clústeres en el sector de servicios especializados de Medellín



Fuente: Galeano, 2013

En resumen, con el ejemplo anterior se puede observar cómo es posible hacer una caracterización de la actividad económica especializada en el territorio, simplemente manipulando la información proveniente de catastro. Este mismo estudio se podría haber hecho haciendo trabajo de campo, consultando predio a predio la información que se obtuvo. Al hacer esto, el resultado podría ser suficientemente similar, pero claramente es más eficiente hacer el trabajo mediante una modelación que con trabajo de campo.

Finalmente, se debe subrayar que las modelaciones permiten realizar un trabajo que va más allá del trabajo descriptivo y que tiene que ver con la predicción y el juego. Esto ocurre porque, una vez definidas las variables del modelo, y en especial si existe una variable temporal dentro del mismo, es posible alterar los datos, correr el modelo y predecir los probables resultados que se puedan presentar a futuro. Sin embargo, teniendo en cuenta que muchos de los modelos hasta ahora elaborados para predecir futuros presentan fallas, y que muchas de las ciencias sociales se han rehusado al determinismo de algunos modelos predictivos, el futuro de muchas de estas metodologías está en la posibilidad que ellas ofrecen para adquirir conocimiento actuando o “jugando” con el modelo.

Respecto de lo anterior, para el Profesor Michael Batty<sup>4</sup>, jugar puede ser una ingeniosa metodología para el aprendizaje. Para lograr esto, Batty afirma que los modelos no deben tener un enfoque tan estricto en el sentido tradicional de su validación, sino de la manera como puedan generar escenarios de intervención por parte de los usuarios. Traduciendo esto al ejemplo del caso de Medellín, el usuario podría intervenir en la información del modelo para saber, por ejemplo,

qué sería necesario para consolidar el clúster tecnológico, o para incentivar la formación de otros clústeres terciarios en la ciudad. Una de las afirmaciones más interesantes de Batty al respecto de los modelos y los juegos como metodologías de aprendizaje es que, al jugar con el modelo, el usuario se acostumbra al entorno de los temas que está estudiando y estos se vuelven naturales en su discurso. El modelo y el juego se convierten en un trabajo de repetición, de exploración y de ensayo (Batty, 2006). En otras palabras, se conocería más sobre muchos temas de la vida urbana si muchos profesionales experimentaran con modelos hechos sobre las ciudades

Como conclusión de esta sección y para continuar con los casos de ejemplo, se citan algunas de las ventajas que tiene el manejo de información con SIG. En primer lugar, se homologan y uniforman lenguajes en escalas, temas, disciplinas, indicadores, etc. Esto ayuda a que las disciplinas relacionadas con la planeación territorial avancen en la conformación de un lenguaje técnico más preciso. En segundo lugar, se identifican las influencias que tienen los fenómenos de gran escala sobre los de pequeña escala y viceversa. Esto se debe a que, con los modelos, sistemas y plataformas computacionales, es más fácil manejar información multi-escalar. Para el caso del ODUR, por ejemplo, el trabajo de clasificación y ordenamiento de la plataforma en ejes temáticos manejados por escalas es fundamental para facilitar su trabajo. En tercer y último lugar, las dos ventajas anteriores obligan a un esfuerzo en coordinación interinstitucional aplicado. Si bien esta es una dificultad, su logro es una ventaja no solamente para el manejo de la información al interior del sector público, sino también en su relación con agentes privados.

<sup>4</sup> Arquitecto Urbanista, Profesor Emérito del Bartlett School of Planning y Director del Centro de Estudios Espaciales Avanzados en el University College de Londres

### 3. Los Sistemas de Información Geográfica SIG

En este capítulo se explican las ventajas de la utilización del SIG para la toma de decisiones en la planeación territorial dando ejemplos de su aplicación. Se explica, además, el papel de los casos que se presentan en este documento y la metodología en cuanto a la utilización del SIG para el desarrollo de los mismos.

#### 3.1 Precisiones

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de programas y aplicaciones computacionales que permite el manejo de diferentes datos organizados por categorías asociadas a un territorio (Otero, 1999). Para la toma de decisiones respecto a la planeación de un territorio, el SIG ofrece varias ventajas; a continuación se destacan las más relevantes.

##### a. Manejo y procesamiento de información compleja:

En primer lugar, respecto al manejo de la información, estos programas permiten capturar, recopilar, procesar con modelos y finalmente analizar y evaluar datos que por su complejidad sería imposible manejar de forma manual (Moreno, 2007). En otras palabras, el SIG es una respuesta a la creciente complejidad de los territorios contemporáneos.

##### b. Referenciamiento geográfico y uso del mapa como interfaz:

En segundo lugar, respecto a la visualización de la información, el manejo de datos ofrece una interfaz accesible tanto a usuarios expertos como a usuarios no profesionales: esta interfaz es *el*

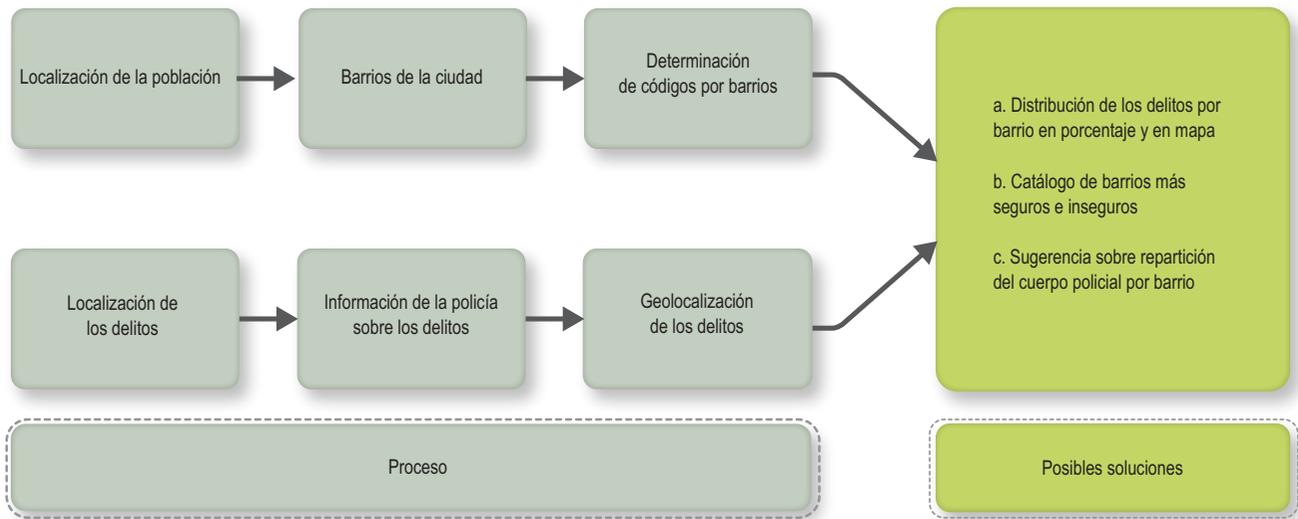
*mapa*. Con el mapa, la información no solo es referenciada geográficamente al territorio sino que es manejada y comunicada de manera fácil e inteligible. Además, como la información está organizada temáticamente, se puede presentar por “capas” independientes para facilitar su entendimiento (Peña, 2010).

##### c. Geoprocesamiento:

Finalmente, el SIG ofrece una posibilidad muy útil para la toma de decisiones: *el geoprocesamiento*. Éste comprende el desarrollo planeado y sistemático de una serie de operaciones sobre un grupo de datos con el fin de crear nueva información. Para desarrollar un geoprocesamiento se formulan una serie de pasos a manera de algoritmos, relacionando dos o más grupos de información disímil, pero que combinada ofrece un contenido de información nuevo (Abarca, 2010).

Para ejemplificar las ventajas explicadas en el párrafo anterior, se presenta el siguiente ejemplo. Si se quiere saber sobre la seguridad de los diferentes barrios de una ciudad se puede combinar la información de la capa de barrios del mapa de la ciudad, con la información estadística suministrada por la policía de la ciudad sobre crímenes y delitos. El programa puede procesar geográficamente la correlación entre los barrios y los delitos y esbozar en el mapa resultados sobre los porcentajes de incidencia, la concentración de los hechos, la recurrencia o cualquier otro dato asociado a la información estadística por barrio. Esta nueva información creada, denominada la “capa de seguridad por barrio” de la ciudad, es solamente identificable gracias al geoprocesamiento de los complejos datos suministrados, ilustrados en un mapa de la ciudad.

Figura 7. Ejemplo de aplicación de SIG en el geoprocresamiento



Fuente: Elaboración Camilo Pinilla

### 3.2 Metodología de los casos para trabajar con el SIG

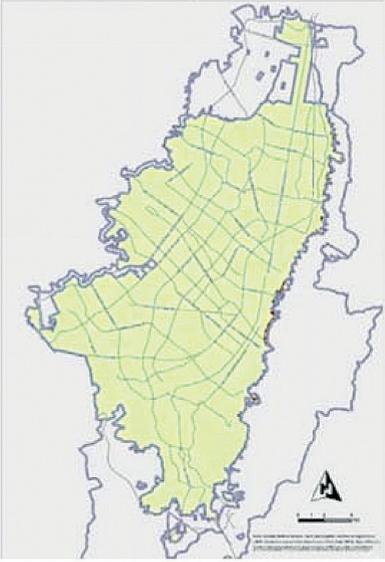
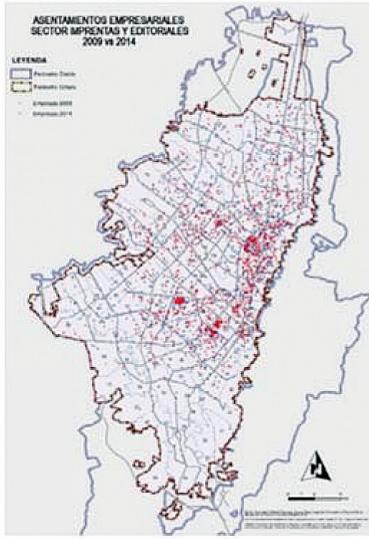
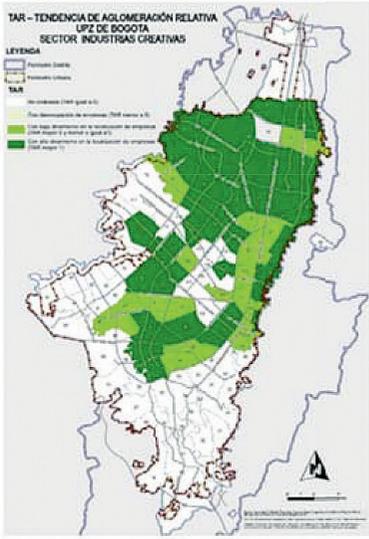
En el siguiente capítulo se desarrollarán dos casos de aplicación de un SIG como ayuda para la toma de decisiones en la planeación territorial. El primer caso corresponde a un análisis que categoriza las UPZ de Bogotá en función de su grado de articulación con los sectores estratégicos de la Red Clúster. Este caso ejemplifica una modelación que se hace “por fuera” del SIG, ya que las fórmulas de la modelación se procesan independientemente y los resultados son introducidos posteriormente al sistema. Así, la función del SIG para este caso es referenciar geográficamente la información y presentarla de una manera inteligible.

La metodología para la elaboración de este caso consta de identificar los establecimientos comerciales por clúster y, con los resultados de la combinación de tres indicadores, geolocalizar los resultados. En algunos casos los resultados son expresados con puntos en cada predio donde se ubica la empresa, en otros son combinados la totalidad de predio en una UPZ para establecer su nivel jerárquico respecto a las otras UPZ de la ciudad.

El segundo caso evalúa la compacidad urbana de la ciudad de Bogotá. El indicador de compacidad urbana mide la relación entre el volumen de los edificios y el espacio que ellos ocupan. Este caso ejemplifica una modelación que se hace por medio del geoprocresamiento que hace la aplicación del SIG para analizar las dos variables (volumen y espacio). El programa debe computar las dos dimensiones y, por medio de una grilla, desarrollar un sistema de análisis espacial.

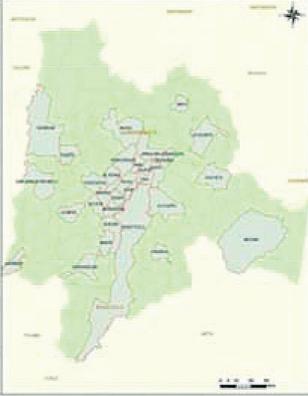
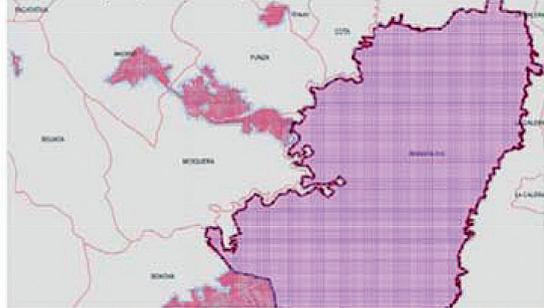
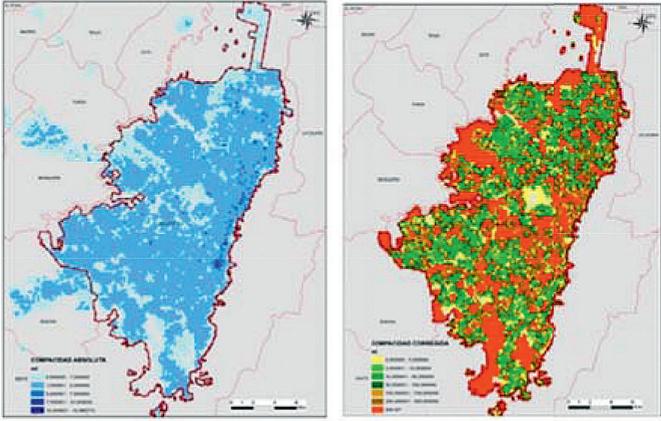
La metodología para la elaboración de este caso consta de definir un ámbito de aplicación, en este caso el departamento de Cundinamarca y la Ciudad de Bogotá, y una unidad de medida de expresión de las variables, que en esta ocasión fue una grilla de 200 x 200 metros. Posteriormente, se utiliza información catastral que incluye el volumen edificado y el espacio público de estancia (es decir el espacio vacío). El programa realiza la intersección espacial entre las dos variables, generando un código único de la malla de referencia para cada edificio. Con este código se indica con colores el nivel de compacidad de cada sector de la grilla.

Figura 8. Metodología aplicada en el SIG caso de estudio 1

<p><b>OBJETIVO</b></p>	<p>Cálculo de tipología de asentamientos empresariales vinculados a las actividades productivas centrales de la estrategia Red Clúster Colombia en Bogotá. Se emplean indicadores de especialización relativa, densidad y dinamismo en la localización empresarial de sectores económicos específicos.</p>		
<p><b>RECURSOS</b></p>	<p>INFORMACIÓN TEMÁTICA</p>	<p>BASE DE DATOS GEOGRÁFICA SDP</p>	<p>Perímetro Urbano Limite Localidades Limite municipal Nivel Parques del Esquema Sistema_espacio_público.  Base de Datos - Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá 2014</p>
<p><b>AMBITO APLICACIÓN</b></p>	<p>ÁREA URBANA BOGOTÁ</p> 		
<p><b>PROCEDIMIENTO</b></p>	<p>1. - A través de un análisis y procesamiento alfanumérico sobre la base de datos de Registro mercantil Registro Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá 2009 y 2014 se determinaron :  a. Establecimientos comerciales por cluster para el año 2009 y 2014  b. Con la base 2014, se definieron los valores de los indicadores definidos de acuerdo con la clasificación de clusters ( Imprentas y Editoriales, Industrias creativas y de contenidos, Prendas de vestir y Turismo de negocios y eventos).  2. - El resultado de la clasificación por clústers e indicadores se agregó por upz.análisis se agregó por upz  3. -Una vez definidas las tablas por upz se relacionó esta información a los niveles geográficos para su geolocalización.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="509 1378 878 1917">  </div> <div data-bbox="938 1378 1307 1917">  </div> </div>		

Fuente: Elaboración Judith Chaparro y Camilo Pinilla

Figura 9. Metodología aplicada en el SIG caso de estudio 2

<b>OBJETIVO</b>	Cálculo compacidad absoluta y corregida de Bogotá y 31 Municipios de Cundinamarca		
<b>RECURSOS</b>	INFORMACION BASICA	MAPA REFERENCIA IDECA (Bogotá)- Diciembre 2014	Información Loteo Información Construcción (alturas)
		MAPA REFERENCIA ICDE – IGAC – Sin fechas	Información Loteo Información Construcción (alturas)
	INFORMACIÓN TEMATICA	BASE DE DATOS GEOGRÁFICA SDP	Perimetro Urbano Limite Localidades Limite municipal Nivel Parques del Esquema Sistema_espacio_público.
<b>AMBITO APLICACIÓN</b>	<p>ÁREA URBANA BOGOTA Y 31 MUNICIPIOS DE CUNDINAMARCA</p> 		
<b>PROCEDIMIENTO</b>	1. - Generar una grilla (200 mt x 200 mt) que cubra el área de interés.		
			
	2. - Se calcula el volumen edificado: superficie del edificio multiplicado por su altura. (nivel construcciones)		
	3. -Para la Compacidad corregida se calcula el espacio público de estancia (zonas verdes)		
	4 - Se realiza la intersección espacial entre el volumen edificado (hallado en el paso previo) y la malla de referencia, (asignación del volumen proporcional) generando un código único de la malla de referencia para cada edificio		
	5. - Finalmente, para la Compacidad Absoluta se realiza la sumatoria para cada celda de malla del volumen edificado en relación con el área de la celda. (izquierda)		
6. Para la Compacidad corregida se calcula la relación entre el volumen total edificado y los espacios de estancia para cada celda de la malla de referencia. (derecha)			
			

Fuente: Elaboración Judith Chaparro y Camilo Pinilla

## 4. Casos

En este capítulo se desarrollan los dos casos de aplicación de un SIG como ayuda para la toma de decisiones en la planeación territorial. El primer caso explica la elaboración de un estudio para categorizar las UPZ de Bogotá en función de la localización de empresas con respecto a los sectores estratégicos de la Red Clúster. Se explica la importancia del caso y su relación con los indicadores del ODUR, los datos e indicadores a utilizar que incluyen examinar la Especialización Relativa Empresarial (IER), el Escalafón de Densidad Empresarial (EDE) y la Tasa de Aglomeración Relativa (TAR). Posteriormente se definen los criterios para categorizar las UPZ de Bogotá en función de la localización de empresas con respecto a los sectores estratégicos de la Red Clúster de Bogotá. Finalmente, se plantea una revisión combinada de los indicadores para, así, plantear una línea base para el posterior seguimiento a través del ODUR.

El segundo caso ilustra la medición de la compacidad urbana en Bogotá. La compacidad urbana es un índice que se deriva de la relación entre el volumen de los edificios (relacionado con el índice de construcción) y el espacio ocupado por la superficie urbana (relacionado con el índice de ocupación). Se explica el objetivo de la medición y la importancia del caso y su relación con los indicadores del ODUR. Posteriormente se analizan las posibles amenazas y debilidades del análisis de compacidad urbana, y se identifican los datos e indicadores a utilizar que incluyen el espacio libre y el espacio edificado. Se explican las diferencias entre compacidad absoluta (CA) y compacidad corregida (CC). Finalmente se muestran las correlaciones entre los indicadores y se generan los mapas de compacidad relacionados con otras capas como las de localidades y vías.

### 4.1 Caso 1: Categorización de las UPZ de Bogotá según sus asentamientos empresariales de sectores estratégicos de la Red Clúster

El presente caso combina algunos de los indicadores propuestos en el ODUR para hacer

seguimiento a los procesos de localización empresarial en Bogotá, a partir de la utilización de información del Registro Público Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá. El propósito es identificar y categorizar la tipología de asentamientos empresariales vinculados a las actividades productivas centrales de la estrategia Red Clúster Colombia en Bogotá. Para tal fin, se categorizan ámbitos territoriales en función de su grado de especialización relativa, así como de su densidad y dinamismo en la localización empresarial de sectores económicos específicos.

La escala para el monitoreo del fenómeno se circunscribe a las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ) de Bogotá, mientras que las actividades objeto de revisión corresponden a los eslabones centrales de cuatro de los clústeres de la ciudad que hacen parte de la Red mencionada: (i) Imprentas y editoriales; (ii) Industrias creativas y de contenidos; (iii) Prendas de vestir, y (iv) Turismo de negocios. Como resultado, se espera generar la línea de base para su futuro seguimiento con el ODUR.

En todo caso, se debe mencionar que el ejemplo desarrollado en este apartado incluye consideraciones que dan cuenta del criterio de expertos para el monitoreo de fenómenos específicos de la dinámica urbano-regional, criterios que incluyen el procesos de referenciación geográfica y la agrupación de herramientas dispuestas en el ODUR en la perspectiva de cumplir con su función central de seguimiento. Sus resultados son de carácter indicativo y pueden variar en función del interés particular de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) de utilizar y/o transformar estas u otras herramientas.

#### a. Importancia y marco conceptual o de referencia

En el marco del ODUR, el presente ejercicio se circunscribe al cálculo y referenciación geográfica de tres de los indicadores propuestos para el seguimiento del tema “Cadenas productivas en la Ciudad-Región” del segundo objetivo del eje temático económico, tal como se describe en la siguiente figura.

Figura 10. Marco conceptual del ODUR



Fuente: elaboración Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

En lo relacionado con los fundamentos teóricos del ejemplo, vale la pena mencionar que son las grandes urbes las que cuentan con condiciones favorables para la proliferación de asentamientos productivos industriales y de servicios, bien sea por factores asociados al tamaño del mercado, a la posibilidad de articulación con plataformas para el comercio exterior e interno, a los costos de transacción o a la presencia de ventajas competitivas en los factores de producción.

Las economías de escala derivadas del tipo de aglomeraciones mencionadas anteriormente crean condiciones favorables para la localización de empresas de un mismo sector productivo en un ámbito territorial específico, las cuales

se encadenan en diferentes etapas del proceso de producción y de comercialización. Esta presencia de aglomeraciones dinámicas, y con una masa crítica empresarial robusta, se traduce en mejores condiciones de precios para los consumidores, pero también generan competencia por el acceso a recursos, mecanismos de distribución, requerimientos de espacio o equipamientos de soporte a su actividad.

Una aproximación a las ventajas de la aglomeración que ofrece Bogotá fue postulada por la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico en su trabajo “Economías de aglomeración: La distribución espacial de Bogotá” (SDDE, 2011). Allí se menciona que

Existen razones para pensar que el proceso de concentración que ha venido presentando Bogotá no es más que el producto de la interacción de las fuerzas que operan en pro de la aglomeración. Lo que se puede deducir es que las razones por las que la economía bogotana ha venido concentrando muchas de las industrias y buena parte de la población y del potencial productivo del país, se debe a que el Distrito presenta muchas de las ventajas [...] un gran mercado y, en presencia de un mercado internacional relativamente cerrado y con problemas de competitividad derivados de los precios básicos, los productores tienen fuertes incentivos por aprovechar la demanda local.

Adicionalmente, la SDDE destaca

La presencia de diversos ejemplos de vinculaciones verticales, pues la ciudad no solo concentra un tipo de industria, sino que en esta se concentran varios tipos de industrias que sirven como proveedores de insumos para otras industrias, generando así clústeres e interrelación e interdependencia de producción diversificada.

De forma complementaria, un estudio realizado por el Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID) de la Universidad Nacional concluye para Bogotá que, “en general, las actividades con bajas contribuciones al valor agregado se caracterizan por presentar un alto volumen de establecimientos y empleo y llenan la ciudad a lo largo y ancho de manera indiscriminada sin distinguirse una aglomeración específica”. En contraparte,

Las zonas donde existe una alta aglomeración de actividades económicas de alto valor agregado son también las zonas donde la concentración de las actividades de bajo valor agregado es más alta. La diferencia es que zonas de bajo valor agregado se extienden a un mayor número de UPZ que las de alto valor agregado.

Igualmente, se pone de manifiesto el hecho de que la aglomeración contribuye a la generación de valor, en la medida en que explica por qué las actividades industriales más complejas (sustancias químicas, plástico y cauchos, entre otros) y los servicios de mayor jerarquía (actividades inmobiliarias, financieras y de servicios a las empresas) se aglomeran y concentran en zonas específicas de la ciudad en vez de dispersarse en el territorio. De hecho, el documento establece que UPZ Chicó-Lago, UPZ Santa Bárbara, UPZ Chapinero y UPZ Las Nieves pueden ser catalogadas como polos de concentración de primer grado en servicios, mientras que UPZ La Sabana, Zona Industrial, Puente Aranda, Carvajal y Restrepo lo son en industria (CID, 2014).

## b. Datos e información a utilizar

La estrategia Red Clúster Colombia, iniciativa promovida desde 2013 por el Consejo Privado de Competitividad (CPC) y el Banco de Comercio Exterior (BANCOLDEX) busca la generación de dinámicas de articulación de los actores estratégicos de las diferentes regiones del país, alrededor de iniciativas sectoriales que le permitan a Colombia fomentar la diversificación y la sofisticación de su aparato productivo (Red Clúster Colombia, 2015). Para el caso de Bogotá, la estrategia en mención ha venido implementando acciones de promoción para 10 iniciativas, las cuales han tenido un liderazgo muy activo de la Cámara de Comercio de Bogotá<sup>5</sup>. Por tanto, el presente ejercicio también contribuye a la identificación de zonas de la ciudad en donde existe potencial de articulación empresarial al programa.

El ejemplo utilizó como base de información un ejercicio de geo-referenciación de sociedades (se descartaron personas naturales) realizado durante el 2014 por la SDP a partir de datos del

<sup>5</sup> Asociación Alianza Sinertic; Iniciativa Clúster Turismo de Negocios y Eventos Bogotá; Clúster Comunicación Gráfica de Bogotá; Clúster de Joyería y Bisutería de Bogotá; Clúster de Industrias Creativas y de Contenidos; Clúster de Cuero, Calzado y marroquinería de Bogotá; Clúster de Cosméticos de Bogotá; Clúster de Software y TI de Bogotá; Clúster Prendas de Vestir; Clúster de Música de Bogotá.

Registro Público Mercantil de la Cámara de Comercio de Bogotá. Como resultado, el ejercicio se circunscribe a 4 de los 10 sectores de la Red, los cuales registran una masa crítica empresarial representativa de más de 1.000 sociedades en el conjunto de la ciudad. Adicionalmente, el ejercicio realizó seguimiento a las sociedades matriculadas y renovadas durante el 2013 y 2014 en la actividad productiva central de cada clúster, por lo cual no tiene en cuenta eventuales encadenamientos productivos con proveedores y comercializadores de los productos. Las actividades seleccionadas son las siguientes<sup>6</sup>:

**Tabla 1. Sectores estratégicos de la Red Clúster de Bogotá seleccionados**

Sector	Sociedades 2014
Imprentas y editoriales	2.963
Industrias creativas y de contenidos	5.892
Prendas de vestir	2.170
Turismo de negocios y eventos	1.318
<b>Total general</b>	<b>12.343</b>

Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015).

Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

Para la caracterización de las aglomeraciones empresariales en estos 4 sectores estratégicos se utilizan tres de los indicadores propuestos en el ODUR para realizar seguimiento a este tipo de fenómenos. A continuación se presenta la metodología empleada para el cálculo de cada uno de los indicadores, así como para su combinación en una estructura más robusta para el seguimiento<sup>7</sup>:

<sup>6</sup> En el Anexo 3 se desagregan las actividades centrales de los clústeres que fueron seleccionados para la Clasificación de Actividades Económicas (CIIU) en su revisión 4.0.

<sup>7</sup> Los indicadores fueron calculados para todas las UPZ cuya masa crítica empresarial superara un rango mínimo de 20 sociedades. De lo contrario, la información calculada generaría distorsiones en escalas relativas de medición y seguimiento.

- **Especialización Relativa Empresarial (IER):**

Se sustenta en el concepto económico de “ventaja comparativa revelada” y busca analizar qué tan especializada está la UPZ “j” en el clúster estratégico “i” en relación con el peso del mismo clúster en el conjunto de Bogotá:

$$\frac{\frac{\text{Número de sociedades en el cluster}_i \text{ de la upz}_j}{\text{Número total de sociedades de la upz}_j}}{\frac{\text{Número de sociedades en el cluster}_i \text{ de Bogotá}}{\text{Número total de sociedades en Bogotá}}}$$

- **Escalafón de Densidad Empresarial (EDE):**

Cuantifica la fortaleza o debilidad relativa de la aglomeración empresarial de cada una de las UPZ de Bogotá en términos del tamaño de su territorio (tasa de sociedades por kilómetro cuadrado). Las densidades se proyectan en una escala 0 - 1:

$$\frac{\text{Densidad empresarial del cluster}_i \text{ en la upz}_j - \text{Valor Mínimo de la densidad empresarial}}{\text{Valor Máximo de la densidad empresarial} - \text{Valor Mínimo de la densidad empresarial}}$$

- **Tendencias de Aglomeración Relativa (TAR):**

Mide, para el período 2009-2014, la mayor o menor tendencia a la localización empresarial, mediante la comparación de la tasa de crecimiento promedio anual del número de unidades económicas del clúster estratégico “i” en la UPZ “j” frente al crecimiento del mismo clúster “j” en el conjunto de Bogotá:

$$\frac{\left(\frac{\text{Número de sociedades del cluster}_i \text{ de la upz}_j \text{ en el año 2014}}{\text{Número de sociedades del cluster}_i \text{ de la upz}_j \text{ en el año 2009}}\right)^{\frac{1}{5}} - 1}{\left(\frac{\text{Número de sociedades de Bogotá en el año 2014}}{\text{Número de sociedades de Bogotá en el año 2009}}\right)^{\frac{1}{5}} - 1}$$

La combinación de los resultados de los indicadores anteriores permite caracterizar y categorizar a las UPZ de la ciudad en función de su grado de articulación a los clústeres estratégicos seleccionados. Los criterios empleados se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Criterios para categorizar las UPZ de Bogotá en función de su articulación a los Sectores estratégicos de la Red Clúster de Bogotá seleccionados**

<b>Categoría</b>	<b>Definición</b>	<b>Especialización relativa</b>	<b>Escalafón de densidad</b>	<b>Tendencia de aglomeración</b>
<b>Tradicional</b>	Territorios que son y han sido relevantes para un sector económico determinado y registran un dinamismo empresarial moderado	IER > 1	Densidad media y alta	0 < TAR < 1
<b>Dinámico</b>	Territorios que son relevantes para un sector económico determinado y registran un alto dinamismo empresarial	IER > 1	Densidad media y alta	TAR > 1
<b>Emergente</b>	Territorios que pese a tener una baja densidad en un sector determinado, registran un alto dinamismo empresarial	IER > 1	Densidad baja	TAR > 1
<b>En descenso</b>	Territorios que conservan una relevancia para un sector determinado pero registran un decrecimiento en la creación de empresas	IER ≥ 1	Densidad media y alta	TAR < 0

Fuente: (Sinergia Territorial SAS y Estrategias de Calidad Urbana Ltda., 2014). Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

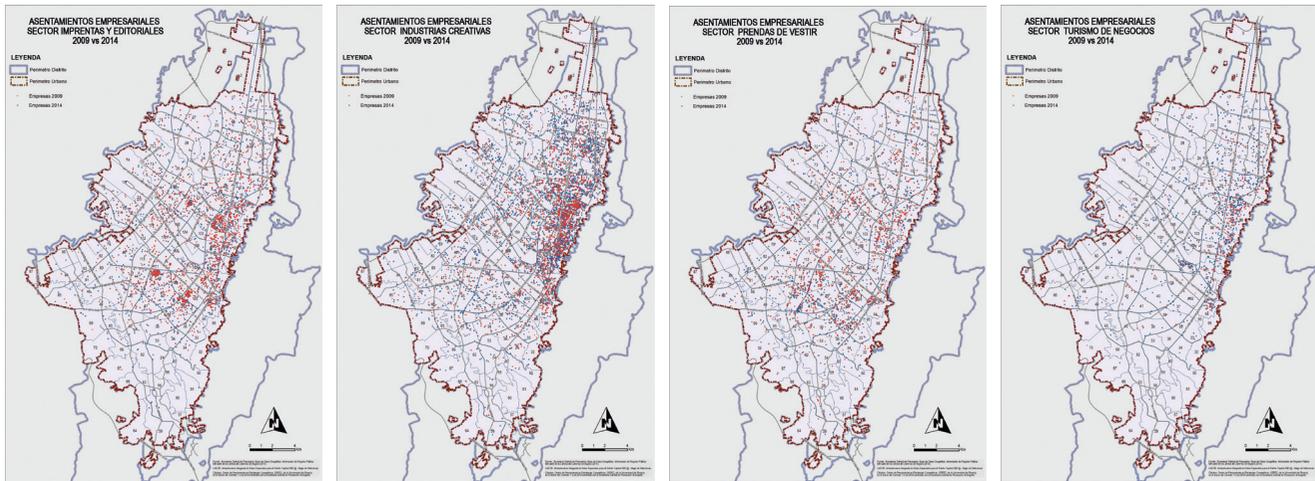
### c. Desarrollo

La presente sección se ocupa de caracterizar cómo se ven expresadas las aglomeraciones empresariales en los cinco sectores productivos seleccionados en el ámbito territorial de Bogotá. Para tal fin se identifican las zonas de la ciudad (a nivel de UPZ) que, en función de dichos sectores, registran tendencias dinámicas o emergentes de aglomeración, avanzan en procesos de desocupación o, simplemente, mantienen una tradición en la ocupación empresarial.

En primer lugar, cuando se analiza la distribución espacial de las 12.343 sociedades con las que contaba Bogotá en los cuatro clústeres estraté-

gicos durante el 2014, es posible apreciar una equivalencia con los hallazgos del CID de la Universidad Nacional y de la SDDE. Mientras que los clústeres vinculados a actividades de servicios (Industrias creativas y de contenidos; Software y Tecnologías de Información, y Turismo de negocios y eventos) siguen mayoritariamente el continuo urbano de la ciudad que estructuran en el corredor oriental la Avenida Caracas y la carrera 7, los más asociados al sector manufacturero (Imprentas y Editoriales y Prendas de vestir) tienden a desplegarse más homogéneamente sobre el territorio, sin un patrón claro de aglomeración.

**Figura 11. Asentamientos empresariales en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2009 Vs. 2014**



Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015).

Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

Sin embargo, la evidencia no es contundente para ratificar o categorizar territorios como las UPZ en función de una eventual aglomeración empresarial. Por tanto, se ratifica la necesidad de explorar los indicadores disponibles para contrastar detalladamente los asentamientos empresariales de la ciudad.

- **Especialización Relativa Empresarial (IER):**

Con este indicador se monitorea la aglomeración productiva en Bogotá en los clústeres estratégicos. Se aprecian las siguientes tendencias:

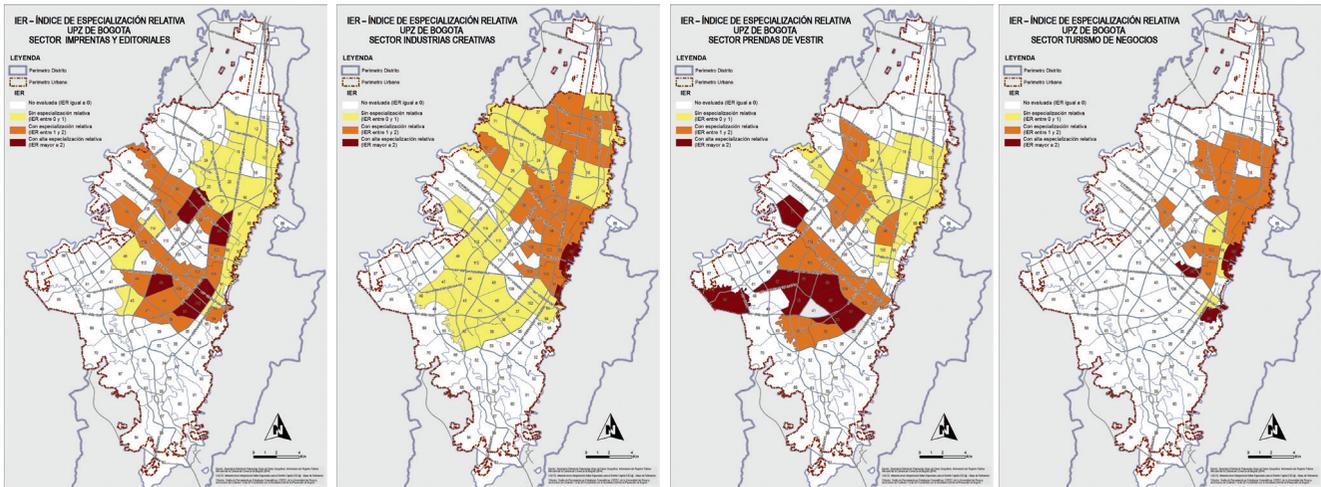
**Sector imprentas y editoriales:** las UPZ con mejor desempeño se ubican en el eje oriente-occidente de la ciudad, fundamentalmente sobre los corredores de la calle 72 (UPZ Las Ferias y Los Alcázares), de la calle 13 y la Av. de Las Américas (La Sábana, Santa Isabel y San Rafael)

**Sector industrias creativas:** las UPZ con alta especialización relativa se ubican en el eje oriental de Bogotá, principalmente en las UPZ Pardo Rubio y La Macarena, en el centro de la ciudad. El corredor de especialización relativa se extiende, en menor medida, hasta el norte de la capital.

**Sector prendas de vestir:** las UPZ con mejor desempeño se ubican en el corredor sur-occidental de la ciudad, fundamentalmente sobre los corredores de la Av. de Las Américas (UPZ San Rafael y Américas) y de la Av. Primero de Mayo (Carvajal y Kennedy Central).

**Sector turismo de negocios:** las UPZ con alta especialización relativa se ubican en el eje nor-oriental de Bogotá, principalmente en la UPZ La Candelaria en el centro de la ciudad y en Pardo Rubio en Chapinero. También destaca, un poco más en el occidente, la UPZ de Quinta Paredes (en inmediaciones de la plaza de exposiciones Corferias).

Figura 12. Índice de Especialización Relativa empresarial (IER) en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2014



Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015).  
Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

• Escalafón de Densidad Empresarial (EDE):

El seguimiento a la ocupación empresarial en Bogotá se hace observando la densidad de los clústeres estratégicos en el ámbito espacial de las UPZ. Se aprecian las siguientes tendencias:

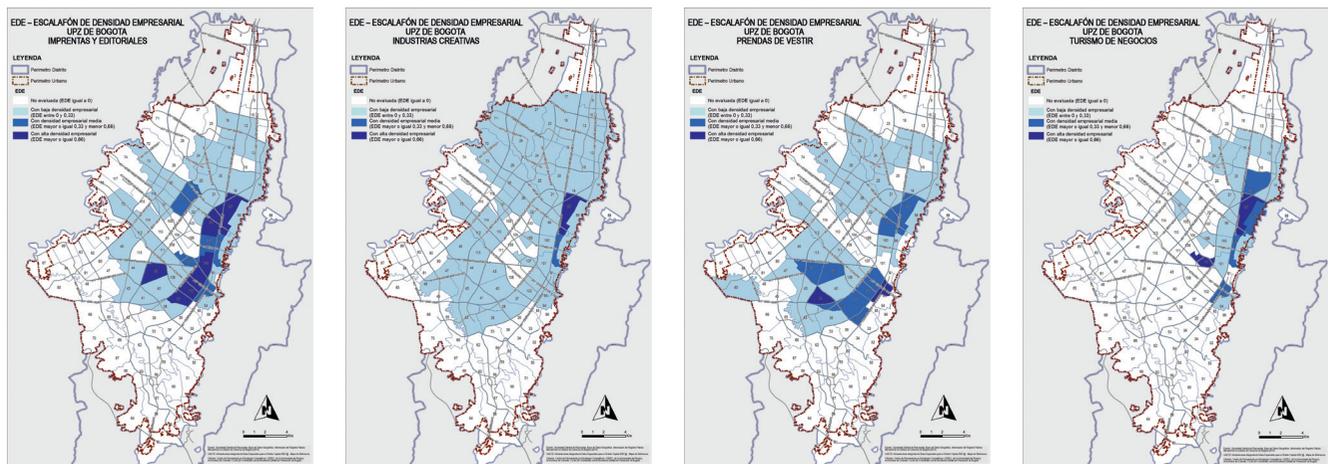
**Sector imprentas y editoriales:** las UPZ con mayor ocupación espacial se ubican en el eje sur-norte de la ciudad, fundamentalmente entre los corredores de la Av. Ciudad de Quito y la Av. Caracas, desde la UPZ de Santa Isabel (en Los Mártires) hasta la de Chicó Lago (en Chapinero).

**Sector industrias creativas:** la mayor densidad empresarial de este sector se concentra en la UPZ de Chicó Lago. En el resto de UPZ de la ciudad la concentración es medio o bajo.

**Sector prendas de vestir:** las UPZ con mejor desempeño se ubican, en primer lugar, en el corredor sur-occidental de la ciudad (Muzú en Puente Aranda), y en segundo puesto, en el centro de Bogotá (Las Nieves en Santa Fe).

**Sector turismo de negocios:** las UPZ con alta densidad empresarial siguen un patrón similar al de especialización relativa. Destacan las UPZ de Quinta Paredes y Chicó Lago.

Figura 13. Escalafón de Densidad Empresarial (EDE) en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2014



Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015).  
Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

- Tasa de Aglomeración Relativa (TAR):

El dimensionamiento del dinamismo de la localización de sociedades en Bogotá se hace observando la aglomeración relativa de los clústeres estratégicos en sus UPZ. Se aprecian las siguientes tendencias:

**Sector imprentas y editoriales:** las UPZ con mayor dinamismo en la localización de sociedades en los últimos 5 años se ubican en el norte de la ciudad (en todo el frente oriente-occidente), destacan los buenos resultados en las UPZ de las localidades de Usaquén y Chapinero.

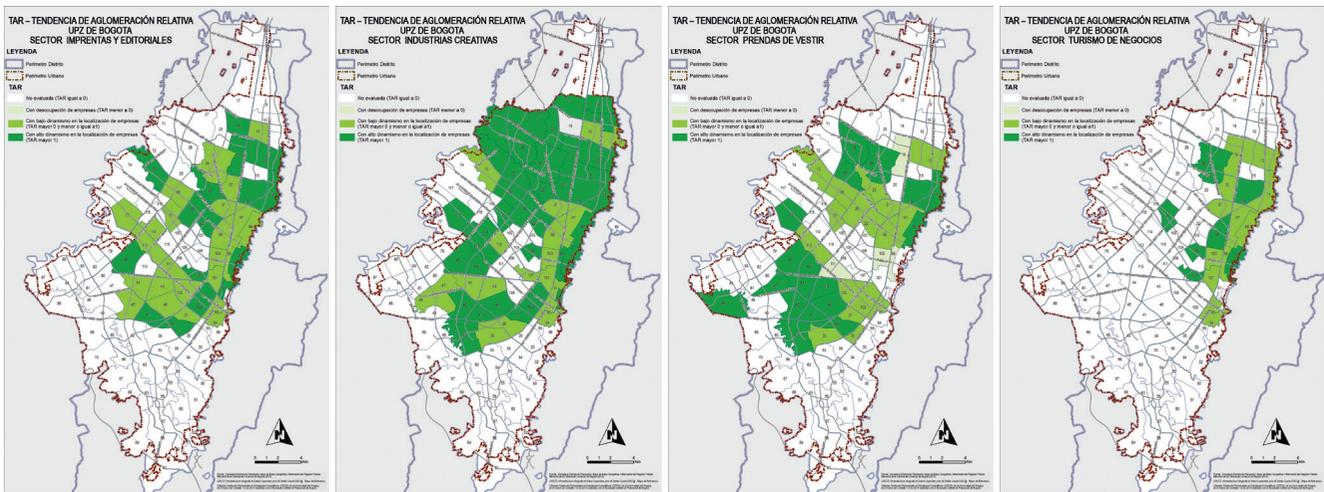
**Sector industrias creativas:** el crecimiento empresarial en este clúster se registra en toda la

ciudad, con especial énfasis en el norte (en Usaquén) y en inmediaciones de las localidades de Suba, Barrios Unidos y Engativá.

**Sector prendas de vestir:** las UPZ con mejor desempeño se ubican, en primer lugar, en el corredor sur-occidental alrededor de la Av. Las Américas y la Av. Primero de Mayo, y en segundo lugar, al nor-occidente en la localidad de Suba.

**Sector turismo de negocios:** las UPZ con alto crecimiento empresarial siguen un patrón similar al de los indicadores previos. Destacan algunas UPZ localizadas en Chapinero y Usaquén, así como el sector de Quinta Paredes.

Figura 14. Tasa de Aglomeración Relativa empresarial (TAR) en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2014



Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015).

Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

#### d. Conclusiones

Como se mencionó previamente en el apartado metodológico del presente ejemplo, la revisión combinada de los tres indicadores calculados ofrece elementos de prospectiva vinculados a la posibilidad de desarrollar las actividades de seguimiento. A continuación se presentan los resultados concertando los tres indicadores.

La combinación de los tres indicadores presentados, a través de una serie de criterios

cualitativos, permite categorizar las UPZ de Bogotá en función de su articulación a los sectores estratégicos seleccionados de la Red Clúster de Bogotá. A continuación se hace un balance – sector a sector – de los resultados obtenidos, en la perspectiva de plantear la línea de base para el posterior seguimiento a través del ODUR<sup>8</sup>:

<sup>8</sup> En el Anexo 4 se desagregan los resultados más importantes del ejercicio.

**Sector imprentas y editoriales:** de las 41 UPZ que fueron evaluadas (con más de 20 empresas en el clúster), se identificaron 4 como emergentes (con especialización relativa y alto dinamismo y con posibilidades de expansión por la aún baja densidad), 3 como dinámicas (especializada, con alto crecimiento y densa) y 5 como tradicionales (especializada y densa, pero con bajo dinamismo). Las restantes 29 pueden ser catalogadas como sin vocación, en la medida en que cuentan con algún grado de especialización, la cual no representa indicios de aglomeración para el conjunto de la economía del ámbito territorial. En el conjunto de Bogotá, las UPZ La Sabana (en Los Mártires), Quinta Paredes (en Teusaquillo) y Las Ferias (Engativá) se destacan como dinámicas.

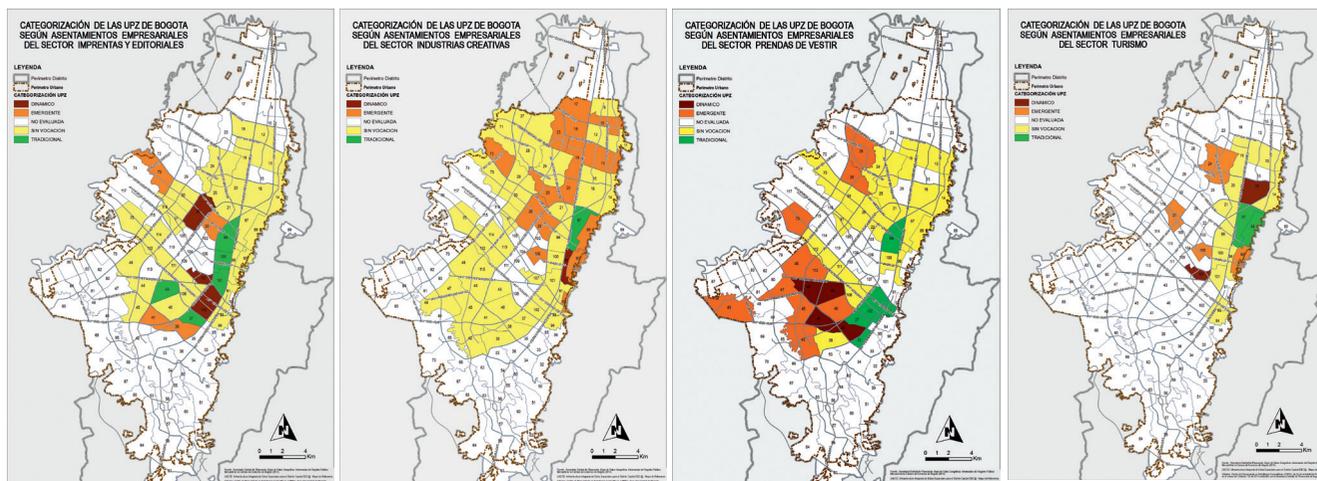
**Sector industrias creativas:** se evaluaron 57 UPZ, de las cuales 15 fueron categorizadas como emergentes, 1 como dinámica y 1 como

tradicional. Otras 40 son clasificadas como sin vocación. En el conjunto de Bogotá, la UPZ Chapinero se destaca como dinámica.

**Sector prendas de vestir:** de las 39 UPZ que fueron evaluadas, se identificaron 10 como emergentes, 4 como dinámicas y 5 como tradicionales. Las restantes 20 pueden ser catalogadas como sin vocación. En el conjunto de Bogotá, las UPZ Restrepo (en Antonio Nariño), Américas (Kennedy), y Muzú y San Rafael (Puente Aranda) se destacan como dinámicas.

**Sector turismo de negocios:** se evaluaron 19 UPZ, de las cuales 4 fueron categorizadas como emergentes, 2 como dinámicas y 2 como tradicionales. Otras 11 son clasificadas como sin vocación. En el conjunto de Bogotá, las UPZ Quinta Paredes (en Teusaquillo) y Santa Bárbara (Usaquén) se destacan como dinámicas.

**Figura 15. Categorización de las UPZ de Bogotá según asentamientos empresariales en los sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados**



Fuente: (Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y Cámara de Comercio de Bogotá (CCB), 2015).

Cálculos: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

## 4.2 Caso 2: Compacidad Urbana de Bogotá

Entender que el territorio está en un gran porcentaje consolidado, y que es en ese escenario en donde los entes territoriales deben velar por garantizar el equilibrio territorial como principal indicador de calidad de vida, es un hecho. Por

eso, la compacidad urbana, como instrumento, permite tener un panorama general, o “desde arriba”, sobre el territorio tal y como está y, desde ahí, identificar necesidades y disparidades que se traducen en intervenciones específicas, demarcadas por la estructura actual del territorio, sin perder la visión regional.

Por *compacidad* se entiende aquella herramienta, útil específicamente en el ámbito urbano de las ciudades, territorios y regiones, que da cuenta de la proximidad entre los componentes y usos que configuran el espacio y en esa medida expresa información relativa a aspectos como la sostenibilidad, funcionalidad y la calidad de vida (entre otros).

Así entonces, el objetivo detrás del estudio de la *compacidad urbana* radica en ahondar en el análisis espacial que parte de un principio de distribución en donde se antepone la ciudad dispersa a la ciudad compacta y se contemplan dos categorías de análisis macro: densidad y mixtura de usos. Dicho análisis espacial se

centra, para el propósito de este documento, en el contexto “Bogotá y 31 municipios de Cundinamarca”, pero hará referencia al alcance mayor identificado del instrumento, aun cuando se describa el proceso de ejemplificación bajo este marco de referencia.

#### a. Importancia y marco conceptual o de referencia

En el marco del ODUR, el ejercicio que aquí se presenta hace parte de lo que se ha denominado como Estructura de Soporte Ambiente-Territorial, que entre otros aspectos determina la relación entre la actividad humana y los ambientes natural y construido.

**Figura 16. Marco conceptual del ODUR para el Ejemplo 2 – Compacidad Urbana**



Fuente: elaboración Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

De manera conceptual, es posible decir que la compacidad urbana permite reflejar de manera certera la situación de un territorio específico sobre la base de poca información, pero a partir

de la cual es posible ahondar eficientemente en el detalle para conformar un proceso de formulación que vaya de lo general a lo particular. Así, refleja la ocupación territorial a partir de criterios

de equilibrio y funcionalidad, pero además permite territorializar la institucionalidad y su capacidad de acción.

En este sentido, logra el objetivo cuando funciona como una herramienta que permite hacer un seguimiento a la evolución e impacto de las intervenciones y permite establecer ámbitos de acción que invitan a la especificidad sobre el territorio. Pero esto a partir de categorías comunes a una región. Se trata de una radiografía urbana en la que, a simple vista, se detecta la forma en que el medio construido ocupa el territorio y al interior de su volumen se intuye la distribución de las viviendas, que determina cuántas personas pueden habitarlo, y sirve de base para el análisis de los sistemas urbanos (de movilidad, económicas, sociales, etc.) que allí se desarrollan.

Ahora, en materia conceptual existen diferentes premisas:

- » La compacidad es útil en el contexto específicamente urbano porque se refiere al volumen de las edificaciones como indicador de referencia y porque pretende establecer un grado de relación entre estas edificaciones y el espacio libre. Por ello, si se tuviera en cuenta el espacio rural o sus usos relativos, la relación del indicador variaría y no permitiría dar cuenta de un escenario real de intervención. En ese sentido, es posible decir que su alcance en materia regional tiene limitaciones que se verán analizadas en un ejercicio DOFA, incluido en este documento. (Agencia Ecológica de Economía Urbana de Barcelona, 2009)
- » La información bibliográfica encontrada permite entender que el concepto de compacidad está relacionado tanto con la densidad, como con la mixtura de los usos. Con respecto al primero, se habla de la necesidad de garantizar sostenibilidad en el territorio a partir del aprovechamiento del espacio urbano, que interfiere no solo en la toma de decisiones sino además en el diseño de las ciudades mismas, como en la peatonalización de las calles, en la

garantía de espacios de estancia y de paso, en las facilidades derivadas de la prestación de servicios, en el consumo de energía, en mejores precios del mercado, y en la limitación del modelo expansivo representado de alguna manera por el automóvil. (Burton, 2002)

Ahora, en lo que se refiere a la mixtura de los usos, se habla de sostenibilidad en términos de reducir distancias, de descentralización de los servicios de soporte (equipamientos de salud, educativos, de recreación) y en la generación de los mismos a partir de la verticalidad (Burton, 2002). Así, idealmente, las personas no tendrían que desplazarse a grandes distancias para obtener servicios, adquirir bienes o trabajar, y en esa medida generar mejores indicadores de calidad de vida y reducir los indicadores de segregación e injusticia. (Burton, 2002)

- » Las experiencias en materia de ordenamiento demuestran que la calidad de vida de las personas está medida en un mayor porcentaje a partir de lo que el entorno (lo que está por fuera de la vivienda) está en capacidad de ofrecerles: el parque, el transporte, el trabajo, los establecimientos de consumo, los centros de salud, educación, y demás. Por ello resulta imprescindible referirse al equilibrio.
- » El modelo de ciudad compacta representa ventajas en el sentido en que permite empezar a desarrollar mejores estrategias en el uso del suelo e involucrar beneficios para un número mayor de personas sin que esto implique grandes costos de conectividad entre territorios. Sin embargo, los problemas tradicionales asociados al territorio urbano se concentran en el espacio destinado a equipamientos básicos, vivienda y servicios públicos. A mayor escala (y aquí se hace referencia a los elementos que se pueden intervenir desde una escala regional) se habla de problemáticas relativas al transporte y la conectividad, al deterioro de los grandes centros y sus estrategias de intervención y recuperación, al emplazamiento de grandes infraestructuras, a la estructura y desarrollo de la periferia y, con todos estos elementos, a la gestión del suelo.

» Una problemática muy característica en el marco de la compacidad urbana es la relación entre la competitividad y la sostenibilidad. Por cuanto la primera exige mucho de la producción, generación de grandes infraestructuras, implica desplazamientos y establece parámetros de ubicación para el mercado laboral; la segunda pretende reducir al máximo los desplazamientos, la necesidad en el uso del vehículo, concentrar de manera coherente el mercado laboral y apela más a la funcionalidad.

Ahora bien, el proceso de toma de decisiones sobre el territorio implica tener sobre la base una serie de indicios que den cuenta de la situación más real posible, y que permita establecer riesgos a priori para mitigar el mayor impacto a generar. En esa medida, del uso de indicadores certeros y la selección de ellos depende en gran medida el éxito de las intervenciones, así como pensarlas desde un ámbito que no solo involucre al entorno inmediato, sino a la ciudad y su región.

La literatura habla de un proceso de selección de indicadores a partir de criterios como la validez y vigencia, la confiabilidad y el grado de asertividad que representa. Sin embargo, también admite que el mayor determinante en dicho proceso de selección es la disponibilidad de la información como problemática común en la creación de indicadores. (Burton, 2002)

Para el proceso de medición de la compacidad se establecen, como primera medida, los criterios de análisis y se determina el objetivo al cual se pretende llegar. En los ejemplos que se pudieron identificar fue posible entender que el objetivo real era intentar medir la densidad y la mixtura de los usos y, con ello, la intensificación en el uso del suelo (Burton, 2002). Se referirían entonces a las mediciones de la densidad a partir de la densidad poblacional, densidad construida, densidad por sub-centros y densidad de las viviendas. Sobre la mixtura de usos se identificó como impedimento el hecho de que el cambio en el uso fuera un indicador que poco se mide, especialmente a menor escala, y por ello, en la bibliografía, se establecieron categorías de interés para, posteriormente, hacer uso

de las páginas amarillas y determinar, en promedio, cuántos establecimientos por cada tipo había. Dicha información cruzada con las áreas (número de m<sup>2</sup>) identificados por código postal, permitiría decir qué tan mixto o no era el suelo en escenarios un poco más reales. (Burton, 2002)

El ejemplo es solo ilustrativo, pero permite ampliar el panorama sobre el alcance real que tengan los indicadores que con la compacidad se relacionan y que pueden dar cuenta del escenario real sobre el cual se planifica el territorio. La compacidad, entonces, trae consigo categorías de análisis de un espacio urbano con unas características específicas de ciudad que excluye modelos extensivos y se enfoca en modelos compactos de ordenamiento, usos mixtos del suelo y, con ello, en la necesidad de utilizar de la mejor manera el mismo. Esto teniendo como premisa que el suelo es un recurso agotable, en donde las administraciones y entes de desarrollo y ordenamiento deben estar en capacidad de proveer espacios de relación y desplazamiento libre para los ciudadanos y garantizar un equilibrio entre las edificaciones y el espacio público.

Esto, traído al caso que nos compete, resulta útil por cuanto *el análisis de compacidad al que se pretende llegar* no requiere un análisis tan exhaustivo como el ejemplificado anteriormente, pero permite tomar decisiones sobre la base de la realidad e influir en indicadores de equidad y calidad de vida, funcionalidad de las ciudades, relación funcional entre las ciudades y sus periferias, y, a corto plazo, establecer los ámbitos de intervención sobre los que la región debe intervenir para garantizar el equilibrio entre lo construido y los espacios libres y de soporte que lo compensen.

El siguiente DOFA presenta las posibles amenazas y debilidades en el marco del análisis de compacidad urbana, especialmente referido al ámbito regional, y cómo éstas se pueden ver resueltas desde una lógica de análisis espacial. Lo anterior con miras a la generación de estrategias a ser formuladas comprendiendo tanto las capacidades del territorio, como el esquema de ordenamiento requerido por el mismo.

Tabla 3. DOFA en materia de Compacidad para la Región

FACTORES EXTERNOS	FACTORES INTERNOS	
		FORTALEZAS
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> <li>» La compacidad urbana permite identificar desequilibrios en la manera como está distribuido el espacio a partir de la relación entre las construcciones y el espacio libre.</li> <li>» Posibilidad de focalizar de manera acertada las estrategias y acciones específicas sobre el territorio.</li> <li>» Da cuenta no solo de la distribución del espacio, sino de la calidad de vida de las personas en un esquema territorializado.</li> </ul>	<p>Por tratarse de un esquema definido a partir de volumetrías individuales de cada una de las construcciones, no resulta fácil ver el panorama completo para identificar las necesidades conjuntas. Por ello, se plantea la creación de categorías de análisis que permitan territorializar el análisis de manera más amplia y focalizar las necesidades.</p>
AMENAZAS	<p>Se busca reducir la amenaza de contar dentro de un esquema territorial regional con modelos diferentes de ciudad y ordenamiento que no sean compatibles con el modelo al que se refiere la compacidad urbana. Esto logrado a partir de la búsqueda por alcanzar una escala mayor a modo de “categorías” que permita delimitar o clasificar diferentes territorios a partir de necesidades conjuntas.</p>	<p>Ante la posibilidad de no contar con las capacidades suficientes, institucionales, de planificación o inversión frente al deber ser del equilibrio en el ordenamiento del territorio, se plantea tener un marco de referencia basado en rangos que permita alcanzar metas de manera progresiva y a escala regional, refiriéndose al desarrollo de los centros urbanos relacionados.</p>

Fuente: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

### b. Datos e información a utilizar

Tras analizar las fuentes bibliográficas, es posible decir que hay un panorama de indicadores que podrían desarrollarse en el marco de la *compacidad urbana* pero, para éste propósito específico, los indicadores que se tuvieron en cuenta fueron los “básicos” existentes y disponibles para el análisis que se pretende generar. Así, entonces, existen dos categorías: el espacio libre y el espacio edificado. Esto para referirse al ideal de garantizar el equilibrio en el territorio teniendo en cuenta el volumen de dichas edificaciones, su presión sobre el espacio y las necesidades que surgen como consecuencia de las implantaciones (Universidad Politécnica de Valencia, 2007).

La estimación de compacidad se hará en términos absolutos y corregidos:

La **compacidad absoluta (CA)** se define como la relación entre el volumen total edificado y la superficie de suelo total en una determinada área urbana. El resultado de la compacidad absoluta es la suma del volumen de los edificios que debido a las características morfológicas de la edificación, resulta para cada zona urbana una compacidad diversa. (Agencia Ecológica de Economía Urbana de Barcelona, 2009).

En ese sentido, la manera como se calcula la compacidad absoluta es a partir de la división del territorio en zonas iguales sobre las que se calcula el mismo indicador y se establecen parámetros de compacidad que van de 1-7, en donde los valores de compacidad mayores a 5 son considerados óptimos

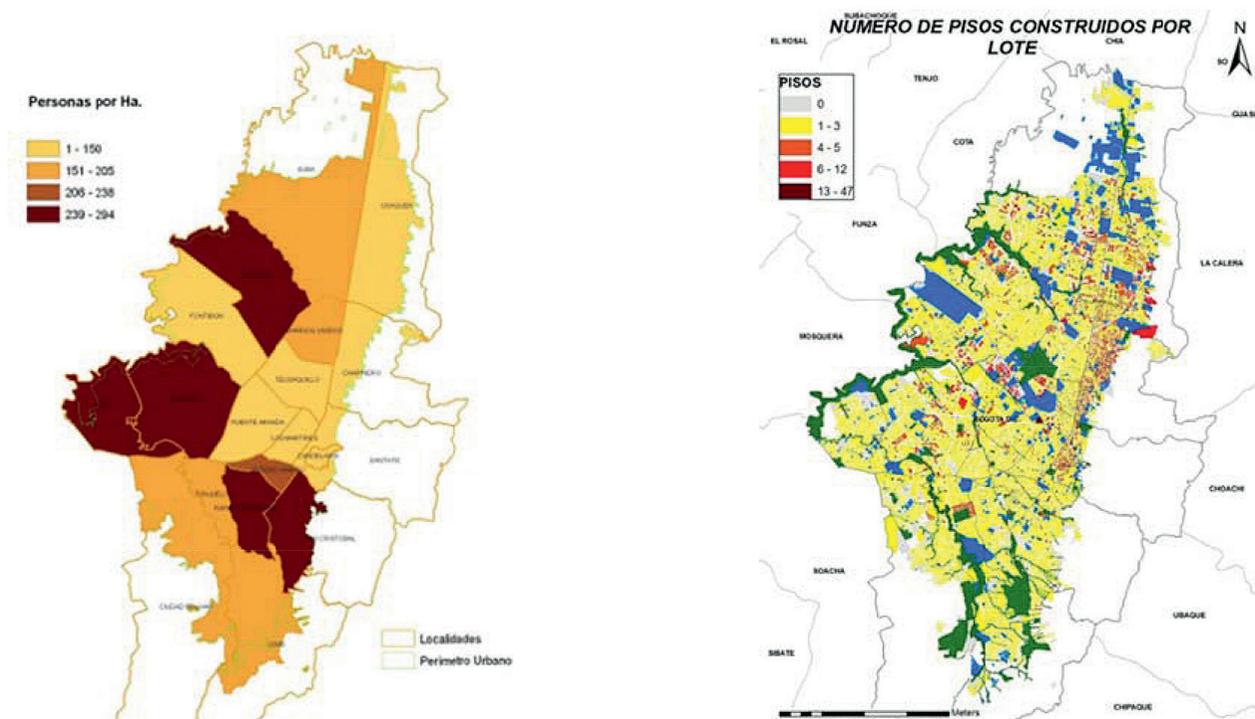
- » Espacio libre: reservas viales, espacio público, sistema de equipamientos y sistema de áreas protegidas
- » Espacio edificado: volumen de las edificaciones

Para el caso de la **compacidad corregida (CC)**, se demuestra la relación entre el volumen de los edificios (es decir, el espacio utilizable) y el área (el espacio ocupado por la superficie urbana), en donde el espacio utilizable es definido a partir de la presencia de espacio público: parques, zonas verdes y plazoletas. “La compacidad corregida representa la altura media de la edificación distribuida únicamente sobre el área de espacio público atenuante” (Agencia Ecológica de Economía Urbana de Barcelona, 2009). En ese sentido, la manera como se calcula la compacidad corregida es a partir de la división del territorio en zonas iguales sobre las que se calcula el mismo indicador y se establecen parámetros de compacidad que van de 0-500, en donde los valores ideales están por debajo de 50.

### c. Desarrollo

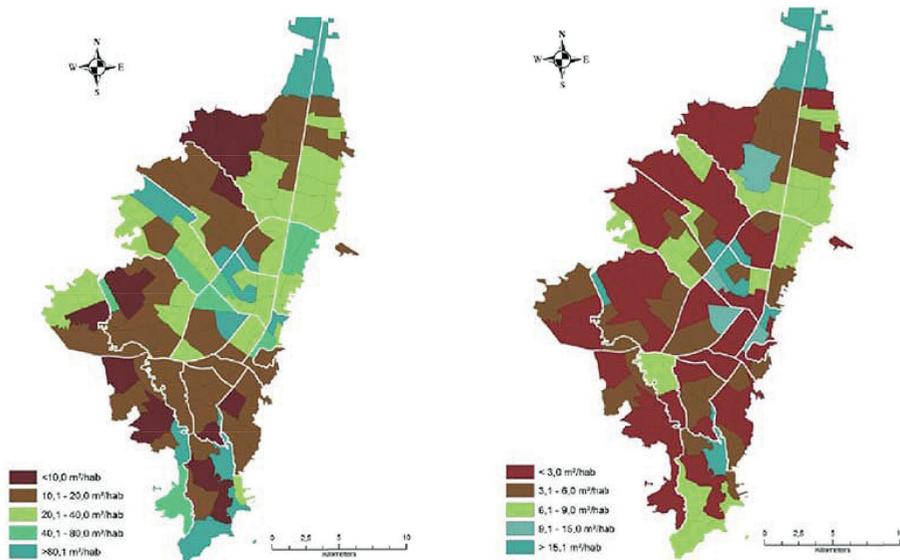
Esta sección busca presentar el ejercicio para el ámbito territorial de Bogotá. En ese sentido, se relacionan los indicadores de densidad urbana referenciados geográficamente por localidad, en donde se denota una concentración de la población en sectores específicos en donde se esperaría que la densidad edificatoria fuera igualmente intensa, y en donde se podrían concentrar las intervenciones para la generación de espacio público para garantizar el equilibrio. Sin embargo, cuando se cruza la información visualmente con la del número de pisos construidos no hay una correlación directa, lo que implica que las zonas más densas probablemente sean las que mayor hacinamiento tienen pero no las que mayores índices de construcción presentan. Se presentan además los indicadores de espacio público total (espacios verdes) y efectivo (plazoletas y demás) para Bogotá, y en estos casos la información sobre densidad urbana coincide con las zonas que más carecen de los dos (EP total y efectivo). Aunque, al parecer, el EP efectivo es el que representa las inequidades en la distribución del territorio y peores indicadores tiene.

Figura 17. Izquierda: Densidad urbana por Localidad 2010. Derecha: Número de pisos construidos por lote



Fuente: DANE – SDP. Proyecciones de población 2006 - 2015 Cálculos: SDP. SIEE

**Figura 18. Izquierda: Espacio público total por habitante-Bogotá. Derecha: Espacio público efectivo por habitante-Bogotá**



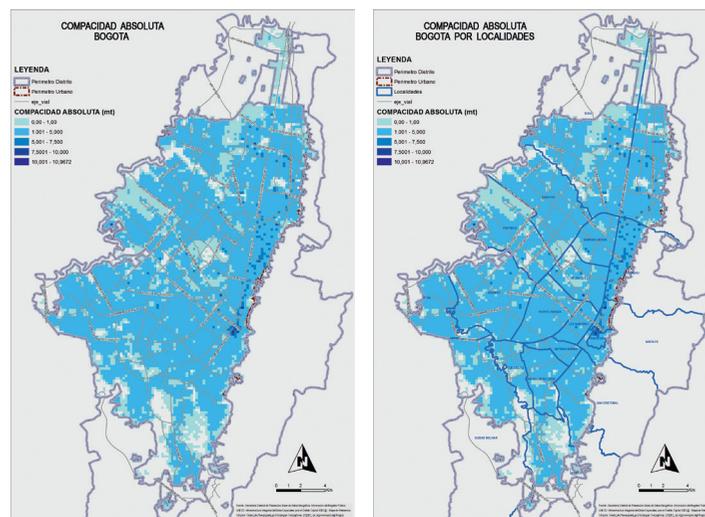
Fuente: DADEP. Indicadores de espacio público Bogotá

#### d. Conclusiones

Ahora, la compacidad como combinación y cruce de los anteriores datos es el resultado de la prospectiva que ofrece la posibilidad de ser desarrollado de manera incluso más compleja y de implementar estrategias de seguimiento como parte de las funciones propias del ODUR. En este sentido, a continuación se presentan los resultados que la combinación de los indicadores expuestos anteriormente.

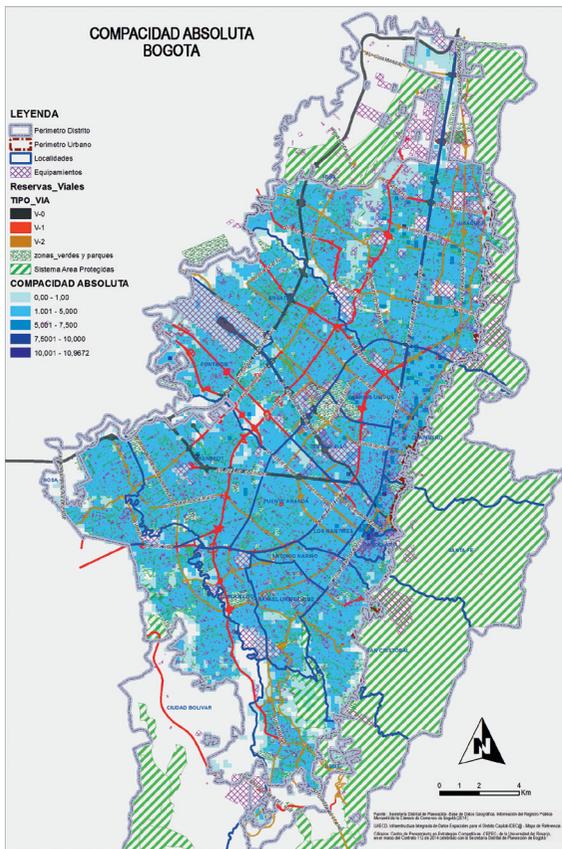
Los primeros resultados que se representan son los referentes a la compacidad absoluta para Bogotá, en donde el valor óptimo de referencia es entre 5 y 7, y, como se evidencia, un gran porcentaje de la ciudad se encuentra en el intervalo de 2-5, e incluso hay una mayor presencia de indicadores entre 1 y 2 que indicadores óptimos. Esto se traduce en que la ciudad es compacta solo en un eje transversal concentrado en las localidades de Usaquén, Chapinero y Santafé; el resto de la ciudad, por el contrario, tiene un tejido urbano disímil, de bajas densidades.

**Figura 19. Izquierda: Compacidad Absoluta para Bogotá. Derecha: Compacidad Absoluta por Localidad – Bogotá**



Fuente: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

**Figura 20. Compacidad Absoluta y reservas viales – Bogotá**



Fuente: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

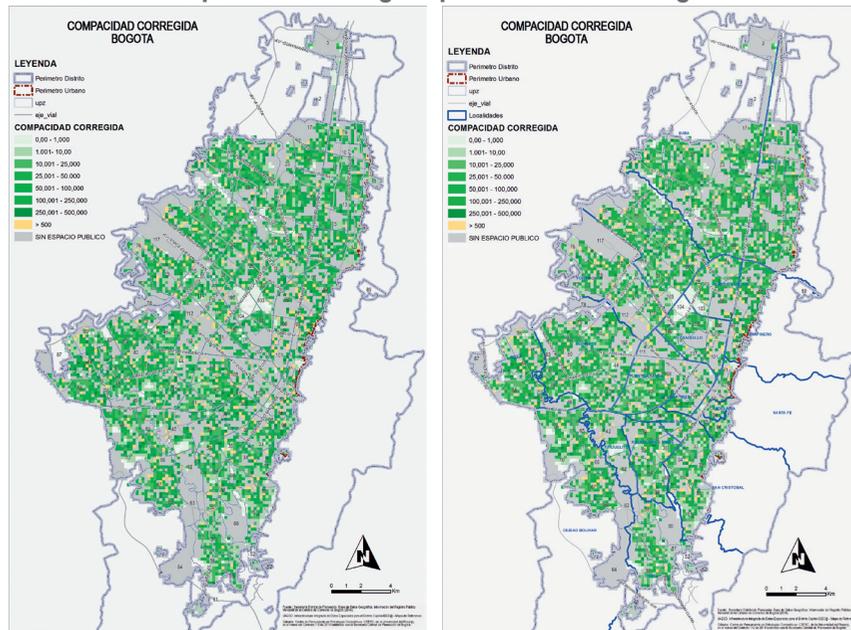
Ahora, los resultados con respecto a la compacidad urbana corregida fueron consolidados a partir de la siguiente clasificación:

**Tabla 4. Geoprocesamiento Compacidad Corregida-Datos**

ÍTEM	CUADRÍCULA	%
TOTAL GRILLA	10130	100,0
MALLAS SIN ESPACIO PÚBLICO	4214	41,6
COMP CORREG > 500	467	4,6
100 - 500	1032	10,2
50-100	888	8,8
50-25	1085	10,7
0-25	2444	24,1
	10130	100,0

Fuente: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

**Figura 21. Izquierda: Compacidad Corregida para Bogotá. Derecha: Compacidad Corregida por Localidad – Bogotá**

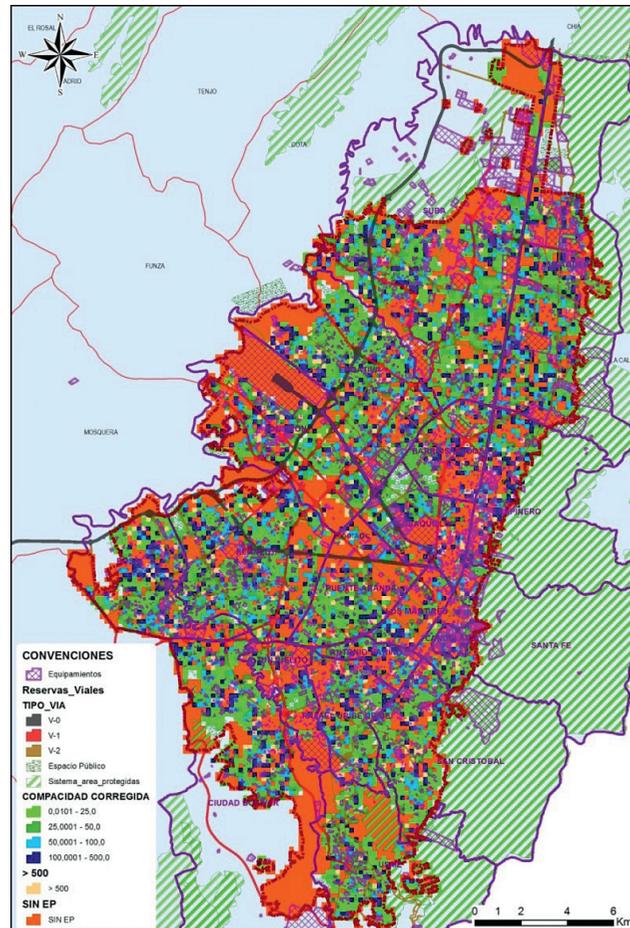


Fuente: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

Los resultados de compacidad corregida denotan que en el eje que se consideraba como más compacto hay un gran déficit de espacio público que no permite compensar la presión que se hace sobre el territorio y, por el contrario, la densidad puede actuar como un indicador negativo de calidad de vida. En general, la ciudad carece

de espacio público total y efectivo en una gran parte del territorio, aunque es claro que los espacios denotados en rojos pueden ser equipamientos de gran tamaño, y por lo tanto su indicador es muy bajo, sin que ello tenga las mismas implicaciones que en los sectores residenciales de la ciudad.

**Figura 22 Compacidad Relativa, reservas viales y equipamientos – Bogotá**



Fuente: Centro de Pensamiento en Estrategias Competitivas -CEPEC- de la Universidad del Rosario, en el marco del Contrato 112 de 2014 celebrado con la Secretaría Distrital de Planeación de Bogotá.

## 5. Recomendaciones y conclusiones sobre el manejo de información con el SIG

En los ejemplos del capítulo anterior se ilustraron dos casos de investigación en temas de planeación territorial. Lo especial de estos casos radica en la utilización de SIG para manejar la información de estudio. A continuación se explican las ventajas de este uso, en especial como herramientas de toma de decisiones para un observatorio como el ODUR.

Las ventajas del SIG para el proceso de toma de decisiones en el caso de categorización de las UPZ de Bogotá en función de la localización de empresas en sectores estratégicos de la Red Clúster están relacionadas con el manejo y procesamiento de información compleja, con el referenciamiento geográfico de la información y con el uso del mapa como interfaz. Si bien en este caso no se utiliza el SIG para generar nueva información con el procesamiento de datos, el manejo que se le da a la información con las bases de datos y su referenciamiento geográfico en el mapa hace que los resultados del objeto de estudio sean comunicables y entendibles. Teniendo en cuenta que el ODUR tiene como objetivo monitorear y evaluar temas respecto a la dinámica urbano-regional de Bogotá y 31 municipios de Cundinamarca, la ventaja de poder procesar información compleja y referenciarla al mapa hace de los SIG una herramienta óptima para el observatorio. Esto debido a que, claramente, es más seguro tomar decisiones con el SIG, puesto que la información es más inteligible para quien las toma.

Las ventajas del SIG para el caso de la compacidad urbana son aún mayores que en el primer caso. La diferencia de este caso con el anterior es que, en éste, con el SIG se utilizan las herramientas de procesamiento de información compleja y referenciamiento geográfico al mapa, pero además se utiliza el geoprocusamiento. Aquí es importante decir que podríamos tener índices o niveles de compacidad urbana calculados matemáticamente por fuera del SIG

y el resultado sería algo así como decir que un sector de la ciudad X, por ejemplo un barrio o una UPZ, tendría un índice de 4,5 o de 2,2, por ejemplo. Claramente, el número no indica demasiadas cosas, aun si tuviésemos una línea base, por ejemplo de que la compacidad urbana es óptima entre 2 y 2,5. Por el contrario, con el caso se puede apreciar que los cálculos en el geoprocusamiento son llevados a cabo al interior de la aplicación y los resultados no dependen de unidades predeterminadas, tales como los barrios o las UPZ, sino de las que el investigador define. En efecto, para este caso se hicieron varias pruebas sobre el tamaño de la grilla, se probaron en la referencia del mapa y se concluyó que, para el caso de Bogotá, la grilla de 200 x 200 metros es óptima. Se debe agregar, además, que datos como el volumen de construcción o el área no construida de la ciudad también se pueden obtener en unidades como hectáreas, metros cuadrados o cúbicos.

Sin embargo, combinarlos e ilustrarlos en una mapa es algo matemáticamente imposible de lograr sin el geoprocusamiento del SIG. Teniendo en cuenta los objetivos del ODUR, el geoprocusamiento elaborado en SIG se convierte en una herramienta indispensable para su manejo y para tomar decisiones con información que de otra manera sería imposible adquirir.

Para concluir, queda un tema abierto a discusión, que hemos denominado “geoprocusamiento prospectivo”. Esta es tal vez la mejor herramienta que se puede tener de parte del SIG para con el

ODUR y para la toma de decisiones. Se entiende que, para tomar decisiones, los administradores públicos deben estudiar dinámicas pasadas y presentes para poder conceptuar sobre las futuras. En este contexto, los límites de la planeación y la predicción están siempre presentes con la incertidumbre. Como respuesta a esta limitación, los SIG ofrecen la posibilidad de modelar dinámicas y así reducir, en parte, la incertidumbre de la prospectiva. Esto debido a que, en primer

lugar, los SIG ofrecen metodologías eficientes – de bajo costo y rápido desarrollo– para estudiar temas de la dinámica urbano-regional. En segundo lugar, contribuyen a ordenar y procesar información compleja con variadas alternativas de combinación y geoprocesamiento capaces de producir nueva información. Finalmente, porque estos procesos pueden comunicarse de manera inteligible y directa. En el capítulo 1 se recogieron algunas ideas del profesor Batty sobre el “juego” como una herramienta de prácti-

ca y aprendizaje. El SIG ofrece esta posibilidad pues, al procesar modelos y fórmulas, el usuario puede “jugar” con la información y así practicar con los posibles resultados futuros de un tema. Las anteriores características son gran contribución para la toma de decisiones. Con el paso del tiempo, la sociedad requiere cada vez más de usuarios expertos y no profesionales jugando con aplicaciones y SIG, aprendiendo con modelos algunos de los posibles futuros cambios del desarrollo de las ciudades.

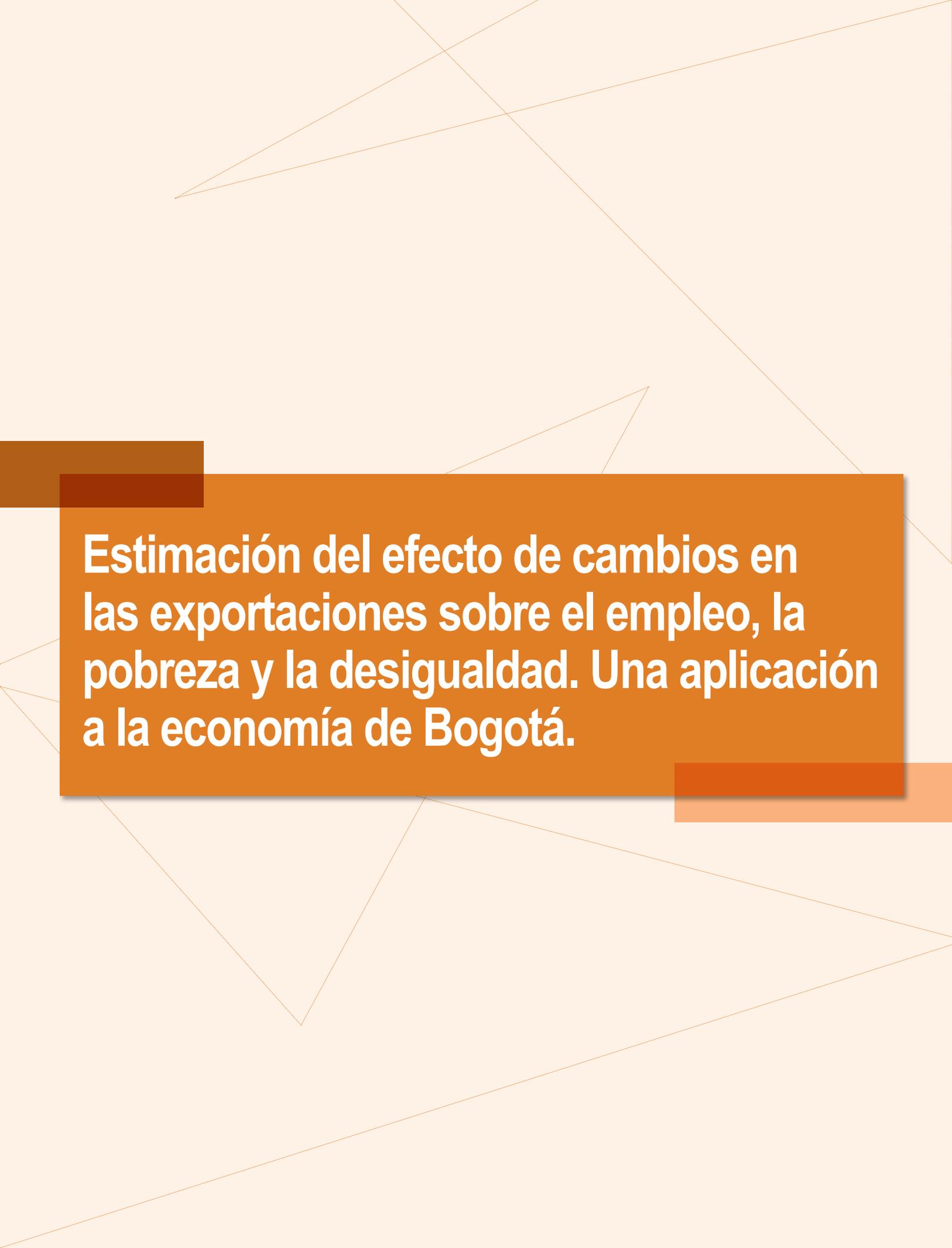
## Bibliografía

- ABARCA, O 2010. Desarrollo de un modelo de geoprocesamiento para la valoración productiva y tributaria de tierras agrícolas en Venezuela. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- AGENCIA ECOLÓGICA DE ECONOMÍA URBANA DE BARCELONA. (2009). Plan de Movilidad y Espacio Público Lugo. Lugo: Concello de Lugo.
- BATTY, M and TORRENS, 2006. "Modelling Complexity: The limits to prediction". Retrieved January 2006, from <http://www.casa.ucl.ac.uk/paper36.pdf>
- BURTON, E. (2002). Measuring urban compactness in UK town and cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 29, 219-250.
- CID, 2014. Centro de Investigaciones para el Desarrollo. Observatorio de Desarrollo Económico - Publicaciones - Cuaderno 26. Obtenido de <http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/directorio/documentosPortal/Cuaderno26.pdf>
- DELGADO, J. 2003. La urbanización difusa, arquetipo territorial de la ciudad-región. *Sociológica*, 51, 13-48.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (DANE), 2015. DANE - Nomenclaturas y clasificaciones - Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU). Obtenido de [http://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU\\_Rev4ac.pdf](http://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev4ac.pdf)
- GALEANO, 2013. Localización espacial de la actividad económica en Medellín, 2005-2010. Un enfoque de economía urbana. En ensayos sobre política económica, Vol. 31, Numero 70. Banco de la República.
- HALL, P., & TEWDWR-JONES, M. 2010. *Urban and regional planning*. Routledge, London.
- MCLOUGHLIN, J. 1969. *Urban and Regional Planning: a systems approach*
- MORENO, A. 2007. *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGis*. Editorial RA-MA, Madrid
- OTERO, I. Paisaje, Teledetección y SIG: conceptos y aplicaciones. Madrid: Fundación Conde del Valle de Salazar, 1999.
- PEÑA, J. 2010. *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Editorial Club Universitario, alicante.
- RED CLÚSTER COLOMBIA, 2015. Sobre la red clúster Colombia. Obtenido de <http://redclustercolombia.com/contenido/sobre-la-red-cluster-colombia/1>
- SDDE, 2011. Secretaría Distrital de Desarrollo Económico. Observatorio de Desarrollo Económico - Publicaciones - Cuaderno 09. Obtenido de <http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/directorio/documentosPortal/Cuaderno09.pdf>
- SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, 2014. *Región metropolitana de Bogotá: Una Visión de la Ocupación del Suelo*. Colección integración regional No. 11
- SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN (SDP) y CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ (CCB), 2015. Registro Público Mercantil. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- SINERGIA TERRITORIAL SAS Y ESTRATEGIAS DE CALIDAD URBANA LTDA., 2014. *Análisis económico y territorial de Medellín: una visión estratégica de cara a la actualización del POT*. Bogotá: Informe de Consultoría.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. (Octubre de 2007). *Estudio del Espacio Público*. Recuperado el 8 de 06 de 2015, de <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0538401.pdf>

# Listado de figuras

Figura 1. Organización territorial y administrativa por escalas: Colombia, Cundinamarca, Bogotá.....	16
Figura 2. Arriba: Sistema Municipal de Informações Urbanas de rio de Janeiro SIURB. Abajo: Infraestructura de datos espaciales de Buenos Aires IDEBA.....	17
Figura 3. Presentación de los indicadores para la experiencia de “Bogotá como Vamos” .....	18
Figura 4. “OECC Regional Well Being Observatory” .....	19
Figura 5. Clústeres en el sector terciario de Medellín.....	20
Figura 6. Clústeres en el sector de servicios especializados de Medellín.....	21
Figura 7. Ejemplo de aplicación de SIG en el geoprocesamiento .....	26
Figura 8. Metodología aplicada en el SIG caso de estudio 1.....	27
Figura 9. Metodología aplicada en el SIG caso de estudio 2.....	28
Figura 10. Marco conceptual del ODUR.....	32
Figura 11. Asentamientos empresariales en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2009 Vs. 2014 .....	36
Figura 12. Índice de Especialización Relativa empresarial (IER) en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2014 .....	37
Figura 13. Escalafón de Densidad Empresarial (EDE) en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2014 .....	37
Figura 14. Tasa de Aglomeración Relativa empresarial (TAR) en sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados, 2014 .....	38
Figura 15. Categorización de las UPZ de Bogotá según asentamientos empresariales en los sectores estratégicos de la Red Clúster seleccionados .....	39
Figura 16. Marco conceptual del ODUR para el Ejemplo 2 – Compacidad Urbana.....	40
Figura 17. Izquierda: Densidad urbana por Localidad 2010. Derecha: Número de pisos construidos por lote .....	44
Figura 18. Izquierda: Espacio público total por habitante-Bogotá. Derecha: Espacio público efectivo por habitante-Bogotá .....	45
Figura 19. Izquierda: Compacidad Absoluta para Bogotá. Derecha: Compacidad Absoluta por Localidad – Bogotá.....	45
Figura 20. Compacidad Absoluta y reservas viales – Bogotá.....	46
Figura 21. Izquierda: Compacidad Corregida para Bogotá. Derecha: Compacidad Corregida por Localidad – Bogotá.....	46
Figura 22 Compacidad Relativa, reservas viales y equipamientos – Bogotá.....	47
Tabla 1. Sectores estratégicos de la Red Clúster de Bogotá seleccionados.....	34
Tabla 2. Criterios para categorizar las UPZ de Bogotá en función de su articulación a los Sectores estratégicos de la Red Clúster de Bogotá seleccionados .....	35
Tabla 3. DOFA en materia de Compacidad para la Región.....	43





**Estimación del efecto de cambios en las exportaciones sobre el empleo, la pobreza y la desigualdad. Una aplicación a la economía de Bogotá.**



# Estimación del efecto de cambios en las exportaciones sobre el empleo, la pobreza y la desigualdad. Una aplicación a la economía de Bogotá.

## Resumen

Este documento reporta los resultados de un estudio exploratorio acerca del efecto que algunos cambios en las exportaciones pueden tener sobre el empleo, la pobreza y la desigualdad en la economía de Bogotá. Con este propósito se emplea un modelo macro-micro articulado de manera secuencial. El modelo macro es un sistema insumo-producto construido a partir de la matriz de insumo producto 2007 para Bogotá, en tanto que el modelo micro es un modelo de micro-simulación de tipo no paramétrico. El mecanismo de enlace entre los dos modelos está dado por una matriz de empleo construida a partir de la Encuesta Multipropósito de Bogotá 2014, que también es utilizada para construir la base de datos que da soporte al modelo de micro-simulación. El choque a las exportaciones de la ciudad está dado por el cambio que éstas registran entre 2013 y 2014 y los resultados del modelo indican que los efectos sobre el empleo tienden a ser moderados, lo que tiene como consecuencia que, en ausencia de ajustes en los niveles de precios, los efectos sobre la pobreza y la desigualdad sean nulos. El propósito del estudio es fundamentalmente ilustrativo y está enfocado a mostrar una de las tantas opciones analíticas que es posible desarrollar a partir de la información administrada por el Observatorio de la Dinámica Urbano Regional (ODUR), adscrito a la Secretaría Distrital de Planeación.

Ricardo Argüello  
Facultad de Economía, Universidad del Rosario  
Giordann Borda  
CEPEC, Universidad del Rosario  
Carlos Escobar  
CEPEC, Universidad del Rosario



## 1. Introducción

En este estudio abordamos la relación entre exportaciones, empleo, pobreza y distribución del ingreso para una economía regional. En particular, estimamos el efecto potencial que el cambio en los niveles de exportaciones, registrado para Bogotá entre 2013 y 2014, puede generar en el nivel de empleo total y por sectores productivos, por esta vía, en los ingresos de los individuos y los hogares y, en consecuencia, sobre la incidencia de la pobreza y la distribución del ingreso.

Para el efecto utilizamos un modelo macro-micro que permite, en primera instancia, calcular el impacto de los cambios en las exportaciones sobre los niveles de producción en todos los sectores de la economía, para luego, en el nivel micro, simular los cambios que éstos generan en el ingreso de los hogares y en su posición relativa con respecto a la línea de pobreza y la distribución del ingreso.

El modelo macro es un sistema insumo-producto desarrollado a partir de la matriz insumo-producto 2007 para Bogotá, que fue construida en 2011 por encargo de la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico. Por su parte, el modelo micro es un modelo de micro-simulación de tipo no paramétrico, diseñado por el Departamento de Asuntos Sociales y Económicos de Naciones Unidas (UNDESA, por su sigla en inglés), desarrollado como aplicación usando el programa estadístico STATA. El mecanismo de enlace entre los modelos macro y micro lo proporcionan una matriz de empleo, construida a partir de la Encuesta Multipropósito de Bogotá 2014 (recolectada por el DANE, por comisión de la Secretaría Distrital de Planeación), y una matriz de coeficientes de empleo construida utilizando la matriz de empleo y el sistema insumo-producto. La Encuesta Multipropósito es utilizada también para construir la base de datos sobre la que opera el modelo de micro-simulación.

El modelo funciona de manera secuencial, lo que quiere decir que primero se calcula la res-

puesta de la economía a los cambios en las exportaciones, en términos de variaciones en los niveles de producción de los 13 sectores en los que fue agregada la economía de Bogotá, para lo cual se utiliza el sistema insumo-producto. A continuación se utiliza la matriz de coeficientes de empleo para calcular los cambios que se generan en el nivel de empleo de cada uno de los sectores de la economía, como consecuencia de la variación en el nivel de producción. Estas variaciones en el empleo son detalladas no solo a nivel de sector productivo, sino de categoría ocupacional (empleado/auto-empleado) y nivel educativo (primaria, secundaria, técnica y superior). Finalmente, las variaciones registradas para cada tipo de empleo (sector, categoría ocupacional y nivel educativo) son transmitidas al modelo de micro-simulación, que reasigna aleatoriamente a los individuos en cuanto a su situación ocupacional (empleado/desempleado) y tipo de empleo. Con esta reasignación se genera un nuevo nivel de ingresos para el hogar, que es utilizado como base para el cálculo de posibles cambios en cuanto a incidencia de la pobreza y distribución del ingreso.

Los resultados del modelo no deben interpretarse como respuestas instantáneas o casi instantáneas a los cambios registrados en las exportaciones. Más bien, deben entenderse como un resultado tendencial que podría generarse en la economía, en caso de que los productores perciban los cambios en las exportaciones como cambios con alguna permanencia ante los cuales deban ajustar su operación. Adicionalmente, es importante observar que, en tanto que el modelo macro es un modelo de precios fijos, los efectos que se calculan se originan exclusivamente en cambios en los niveles de empleo inducidos por el choque, en tanto que los precios de los bienes y de los factores (particularmente los salarios) permanecen constantes.

Los modelos macro-micro han ganado popularidad e importancia como herramientas útiles para el análisis ex ante y ex post de políticas públicas y de choques exógenos al sistema eco-

nómico. Tienen la ventaja de integrar, de una manera razonablemente consistente, el nivel macroeconómico en el cual eventualmente se generan los choques o actúan las políticas que es de interés evaluar, con el nivel microeconómico, donde se reflejan en última instancia muchas de las consecuencias de dichos choques. Igualmente, permiten abordar el problema que surge cuando intervenciones adelantadas en el nivel micro van a ser ampliadas de forma tal que pueden generar impactos en el nivel agregado y, con ello, potencialmente afectar su eficacia. Su utilización cubre diferentes niveles de análisis, desde el global hasta el regional (en el sentido de subnacional), pasando, obviamente, por el nacional.

Desde otra perspectiva, el estudio es de carácter exploratorio e ilustrativo. No da un tratamiento riguroso a algunos aspectos técnicos, como la diferencia en los períodos de referencia para las distintas bases de datos y eventuales problemas de consistencia entre ellas, pero proporciona una discusión relativamente amplia sobre éstos. Por otro lado, es suficientemente riguroso y detallado en el tema metodológico como para permitir una buena apre-

ciación de la teoría involucrada y del uso de la metodología. En este sentido, el estudio debe ser de utilidad como ejemplo y como guía para el tipo de trabajos que es de interés desarrollar en el marco del Observatorio de la Dinámica Urbano Regional de la Secretaría Distrital de Planeación. De hecho, hace uso de dos de los elementos básicos que hacen parte del Observatorio: la matriz de insumo producto para la economía de la ciudad y la Encuesta Multipropósito.

En las secciones a continuación se hace, en primer lugar, una revisión de la literatura orientada a mostrar la relevancia de los análisis como el que acá se adelanta para el entendimiento de ciertas dinámicas de la economía regional. Luego se hace una descripción del marco de teoría y de la metodología implicadas en el modelo macro-micro que utilizamos. Posteriormente nos centramos en la descripción de los aspectos relacionados con la dimensión empírica del trabajo, finalizando con una descripción del escenario base para la economía de Bogotá. A continuación presentamos y discutimos los resultados obtenidos y finalizamos con algunas conclusiones.

## 2. Revisión bibliográfica

El tema del crecimiento regional y su interacción con choques externos ha sido una vieja preocupación del análisis regional. En este último, se ha reconocido desde muy temprano el papel que las economías de aglomeración juegan en la atracción de nuevas firmas y actividades a una región, así como el rol que los enlaces verticales, complementarios y horizontales entre actividades económicas juegan en la transmisión, positiva y negativa, de estímulos y desestímulos al crecimiento (Hoover & Frank Giarratani, 1999). Las fuerzas de la oferta y la demanda, como en muchos otros problemas económicos, surgen como un canal natural para indagar acerca de la naturaleza de dichos estímulos. Desde el punto de vista de la oferta, el énfasis descansa fundamentalmente en los enlaces hacia adelante, mientras que, desde el punto de vista de la demanda, lo hace en los enlaces hacia atrás.

Para el caso de nuestro interés, el papel de la demanda es el más relevante. Desde esta perspectiva, el análisis regional ha trabajado enfoques como la “base económica”, que descansa en la idea de que algunas actividades económicas en la región son básicas en el sentido de que su crecimiento lidera y determina el crecimiento de la misma. Desde esta perspectiva, la indagación por la dinámica del crecimiento regional se basa en dos tareas. En primer lugar, la explicación de los determinantes de la localización de las actividades básicas y, en segundo lugar, la identificación de los procesos a través de los cuales las actividades básicas generan el desarrollo de actividades no básicas. En una región “típica”, con importantes interdependencias con el resto de la economía nacional, un lugar natural para buscar e identificar las actividades básicas de la región son sus exportaciones. (Schaffer, 2010 (revised edition)).

Otra herramienta analítica utilizada desde la perspectiva de la demanda es el análisis regional de insumo-producto. Este sistema implica la

construcción de una cierta forma de “cuentas regionales”, que describen tanto las transacciones económicas al interior de la región como aquellas que se dan entre ésta y el resto de la economía o el mundo. Su utilización más común es para el análisis de variaciones de corto plazo, aunque existen aproximaciones que permiten analizar tendencias de largo plazo.

Existen innumerables aplicaciones de estas metodologías, tanto para el análisis de la dinámica de crecimiento regional y su proyección, como para el estudio del efecto que los choques externos tienen sobre la economía regional. En tanto que gran parte del trabajo realizado en este campo es llevado a cabo por personal de agencias gubernamentales y no gubernamentales involucradas en temas de desarrollo regional, de relativamente difícil rastreo, también se encuentra evidencia sobre el mismo en revistas de carácter científico. Por ejemplo, Lego y coautores analiza las relaciones entre las exportaciones, el empleo local y el crecimiento regional en un contexto de largo plazo, mediante el uso de un modelo multisectorial de base exportadora (Lego, Gebremedhin, & Cushing, 2000) y Was y Mulligan desarrollan una metodología para integrar modelos de ajuste (empleados especialmente para estudiar la relación entre población y empleo) con modelos de base económica para generar una mayor riqueza analítica mediante la desagregación del empleo en sus diferentes tipos (Was & Mulligan, 1999).

A pesar de que el modelo de base económica es el más ampliamente utilizado por los diseñadores de políticas a nivel local y regional, no es muy satisfactorio desde la perspectiva teórica y presenta algunas limitaciones importantes en cuanto a sus resultados; por ejemplo, los multiplicadores originados en el modelo de base económica tienden a ser un poco mayores que los obtenidos con el sistema insumo producto, debido a que, en el primero, el gobierno y el capital son incluidos entre los sectores no básicos (Loveridge, 2004). Al respecto, la gran ventaja del modelo insumo producto es su atención al detalle sectorial que, acompañada por una disponibilidad cada vez mayor de

información regional y un mayor poder computacional, ha resultado en un uso cada vez más extendido de la herramienta.

Hallegatte, por ejemplo, introduce comportamientos adaptativos en un marco de insumo- producto para el análisis de las consecuencias de desastres naturales sobre una región y el de los posteriores esfuerzos de reconstrucción (Hallegatte, 2008). Kerschner y Hubacek hace un análisis de insumo-producto de los efectos potenciales de la producción y precios del petróleo con el fin de identificar políticas alternativas de adaptación a nivel regional (Kerschner & Hubacek, 2008). Soulie y Valle utiliza un modelo insumo-producto inter regional que combina datos nacionales y regionales para aislar los efectos encadenados del turismo sobre las principales industrias de las Islas Baleares (Soulie & Valle, 2014).

No obstante el relativamente alto nivel de detalle sectorial que los modelos de insumo- producto pueden acomodar (observación que aplica también al análisis con matrices de insumo producto y con modelos de equilibrio general computable), la riqueza de sus resultados se ve limitada al nivel de sectores económicos, que implican un cierto nivel de agregación, y no tienen, por tanto, la capacidad de estimar efectos a nivel del comportamiento y distribución de los individuos, los hogares o las firmas, ya sea en clasificaciones simples o de múltiples dimensiones (Orcutt, 2007).

Sin embargo, con frecuencia es necesidad del hacedor de política contar con información que le permita tener elementos de juicio para la formulación de políticas públicas a nivel de unidades menores al interior de la región, ya sea hogares, localidades, firmas o grupos específicos de la población. No sólo puede ser necesario contar con análisis a un nivel tan detallado como este, sino que, además, con frecuencia se requiere información sobre el comportamiento probable de estas unidades menores frente a fuerzas que actúan desde un nivel de agregación mucho mayor. Por ejemplo, se puede requerir información sobre el impacto potencial de un evento económico externo a la

región, como en nuestro caso serán los cambios registrados en la demanda por exportaciones, sobre unidades tan pequeñas como los hogares y los individuos que los componen.

Este tipo de necesidad constituye, sin duda, un reto importante para el analista, en la medida en que se ve obligado a abordar problemas que se relacionan con unidades de análisis no solo de diferente magnitud, sino localizadas en diferentes dimensiones de la estructura social y económica. Es claro, entonces, que hay un grado de dificultad importante en lograr articular de manera adecuada, en un marco analítico consistente, los procesos de toma de decisiones en las unidades menores, como los hogares o las firmas, con los procesos de toma de decisiones en unidades mayores en el sistema, como las relaciones intersectoriales o la relación entre el sector externo y la economía regional.

En ausencia de una teoría unificadora de los comportamientos a tan diferentes niveles de agregación, de la consecuente ausencia de modelos y técnicas de modelación tan comprensivos y de las limitaciones que la capacidad de procesamiento y de formalización matemática tienen en la actualidad, uno de los caminos desarrollados por los analistas ha sido la articulación de modelos de diferente tipo para el abordaje de problemas de relativamente alta complejidad, como los sugeridos arriba (Davies, 2009).

En el caso particular que nos ocupa, la articulación entre modelos que pueden considerarse de tipo macroeconómico, como el modelo insumo-producto, y modelos enfocados en el comportamiento de unidades más desagregadas, como los modelos de micro-simulación, es una alternativa metodológica de interés. La relativa insatisfacción con los resultados de algunas recomendaciones de política, como sucede con el aparente fracaso de las políticas de liberalización económica para generar crecimiento inclusivo, o con algunos resultados no previstos de políticas exitosas en otros frentes, como sucede con el crecimiento de la desigualdad en países con altas tasas de crecimiento económico, han llevado a un aumento

en la demanda por análisis rigurosos, basados en la ciencia, que permitan enlazar comportamientos desde lo macro hacia lo micro y viceversa (Bourguignon, Bussolo, & Cockburn, 2010).

La necesidad de desarrollar esquemas de modelación que liguen modelos macro con modelos micro, descansa fundamentalmente en que las técnicas microeconómicas, bien sea las desarrolladas en el ámbito del análisis de finanzas públicas, o las desarrolladas en el ámbito de la evaluación de política del tipo de ensayo controlado aleatorio, no pueden ser utilizadas para resolver preguntas relacionadas con los efectos de un cambio macroeconómico o con los efectos de aumentar la escala de intervención de proyectos de reducido alcance. Esto se debe a que las reformas de política en el nivel macroeconómico o, para nuestro caso, los choques externos a este mismo nivel, afectan la economía en su conjunto y, por ende, en distinto grado a todas las unidades menores que la componen, de forma que no hay en la práctica manera de distinguir entre aquellas unidades afectadas y aquellas que no lo son. En la dirección contraria, cuando se busca escalar hacia arriba una intervención de política de tipo micro, el aumento en el alcance de la intervención puede generar efectos macroeconómicos que no existían con anterioridad, con lo cual sus resultados se verían afectados en alguna dimensión y dirección (Bourguignon, Bussolo, & Cockburn, 2010).

Con frecuencia, el propósito de los modelos de micro-simulación es analizar problemas de tipo distributivo; desde esta perspectiva, se requiere de la construcción de modelos confiables y detallados de individuos y hogares, que permitan un análisis fino del impacto de los cambios de política o de los choques externos. Dependiendo del propósito específico de la aplicación, un modelo de micro-simulación requiere la construcción de una base de datos detallada de los patrones de ingreso y de consumo de los hogares, así como de la incidencia de los impuestos y las transferencias. Adicionalmente, y como es obvio, requiere el desarrollo y aplicación de un software sofisticado

para el cálculo, presentación y análisis de los resultados. Ejemplos de este tipo de modelos se encuentran en países como Australia (modelo STINMOD), Canadá (modelo SPSS/M), Estados Unidos (modelo TRIM3) y Reino Unido (modelos TAXMOD y POLIMOD) (Davies, 2009).

Los modelos de micro-simulación más simples están basados fundamentalmente en una perspectiva contable, que no involucra la modelación de los procesos de toma de decisiones de los agentes, es decir, no incluye una dimensión comportamental. Frente a estos, existen modelos que implican diferentes grados de incorporación de la respuesta de los agentes modelados ante los choques implementados; por ejemplo, se han desarrollado modelos que endogenizan la oferta laboral y el comportamiento del ahorro (apoyados en técnicas econométricas), modelos de equilibrio parcial y modelos de micro-simulación dinámica que toman en consideración la evolución demográfica de manera que se pueden aislar los efectos que un determinado choque tiene sobre grupos particulares de agentes, bien sea definidos con base en grupos de edad, tipos de hogares o algún otro criterio apropiado (Davies, 2009). Discusiones y revisiones sobre la metodología empleada en los modelos comportamentales de micro-simulación se encuentra en Bourguignon y coautores (Bourguignon, Fournier, & Gurgand, 2001) y en Robilliard y coautores (Robilliard, Bourguignon, & Robinson, 2008), en tanto que revisiones del trabajo hecho con modelos de micro-simulación dinámica se encuentran en Harding (Harding, 1996) y Kelly (Kelly, 2004).

Una variante de modelo de micro-simulación que se ubica entre los modelos de tipo contable y los modelos comportamentales es la llamada micro-simulación no paramétrica. En esta, en lugar de recurrir a modelos de tipo econométrico para describir el comportamiento de hogares e individuos, se recurre a procedimientos estadísticos (de ahí su denominación como no paramétrica). Vos y Sánchez (Vos & Sanchez, 2010) desarrolla un modelo de este tipo, adaptando la metodología elaborada en Almeida y Paes (Almeida dos Reis & Paes de Barros, 1991). En esta metodología, el funcionamiento del mercado laboral es

simulado a través de un proceso de selección aleatoria en el contexto de mercados de trabajo segmentados, en el que los segmentos pueden estar constituidos por un grupo de población empleada versus un grupo de población desempleada, empleo asalariado versus empleo por cuenta propia o empleo entre distintos sectores de la economía, donde los individuos se mueven aleatoriamente entre los distintos segmentos. Este proceso de reasignación continúa hasta tanto el cambio acumulado en el estatus ocupacional de los individuos genera exactamente el cambio que se ha obtenido como resultado de los choques provenientes de un modelo macro.

En Herault se proporciona una comparación entre los resultados obtenidos por un modelo de micro-simulación de tipo paramétrico y uno de tipo no paramétrico, reaccionando frente al mismo conjunto de choques. El choque simulado a nivel macro es una situación de liberalización comercial, en tanto que el análisis realizado con los modelos de micro-simulación es su impacto sobre la distribución del ingreso. Los resultados indican que el modelo de tipo no paramétrico introduce un sesgo pequeño en los resultados, que no lleva a cambios en la dirección y magnitud relativa de las principales conclusiones. Este resultado es interpretado como una indicación de que, dada la relativa simplicidad del modelo no paramétrico, su utilización se constituye en una buena alternativa metodológica cuando las restricciones de tiempo o de información impiden o no hacen aconsejable el uso del enfoque paramétrico y el énfasis de la indagación no se centra en la determinación de matrices de transición a nivel individual (Herault, 2010).

Un tema de importancia es, obviamente, la forma como se articulan los modelos macro y micro para realizar el tipo de análisis al que nos referimos acá. Desde este punto de vista, existen dos perspectivas: la de los llamados modelos de arriba hacia abajo (o top-down) y la de los modelos con interacción (o top-down/bottom-up) (Savard L. , 2010). La primera implica la utilización secuencial de los dos modelos, sin tomar en consideración los efectos de retroalimenta-

ción que potencialmente se generan desde los resultados del modelo micro hacia el modelo macro. La segunda toma en consideración, de manera explícita, los efectos de retroalimentación, al incorporar en el modelo macro información proveniente del modelo micro y “recirculando” los nuevos resultados del primero hacia el segundo, en un proceso iterativo que se realiza hasta cuando se haya conseguido convergencia en los resultados originados en los dos modelos.

Los modelos con retroalimentación se consideran como una variante de un tipo más complejo de modelo, conocido como integrado, con múltiples hogares; modelación que es esencialmente reservada, en el nivel macro, a modelos de equilibrio general computable. En éstos se tiene un modelo de equilibrio general computable que incluye, en el lugar del hogar representativo, tantos hogares como hay en la base de datos (usualmente una encuesta de hogares), que se utilizaría en el modelo micro. En estas condiciones, esencialmente, no hay espacio para la utilización de un modelo micro, ya que la totalidad de las unidades menores, en este caso hogares, está directamente incorporada en el modelo macro. Los procedimientos técnicos para implementar esta alternativa metodológica pueden ser complejos y el proceso puede enfrentar dificultades considerables, especialmente derivadas de la presencia de funciones no lineales que pueden generar problemas de convergencia en la solución matemática, como se discute en Rutherford y coautores (Rutherford, Tarr, & Shepotylo, 2005), en Chen y Ravallion (Chen & Ravallion, 2004) y en Bourguignon y Savard (Bourguignon & Savard, 2008).

En tanto que el tipo de problemas mencionados arriba no es de nuestro interés en esta discusión, los modelos completamente integrados (o integrados con múltiples hogares) ponen de relieve la importancia de un aspecto que es relevante para cualquier procedimiento que implique la articulación de modelos macro y modelos micro: la consistencia entre las bases de datos utilizadas en éstos. El grado de coincidencia entre los agregados que resultan del modelo de micro-simula-

ción y los agregados utilizados o producidos por el modelo macro depende de dos consideraciones. En primer lugar, del nivel de consistencia entre las formulaciones teóricas utilizadas implícita o explícitamente en los dos modelos y, en segundo lugar, del grado de coincidencia que las bases de datos utilizadas en los dos modelos presenten inicialmente. Mientras que la primera consideración tiene implicaciones para el tipo de articulación que se implementa entre los modelos (cuando la agregación de los resultados micro no tiene una coincidencia adecuada con los resultados macro, el error de agregación se pierde cuando no se emplea el procedimiento con retroalimentación entre los modelos) (Savard L. , 2010), la segunda tiene importancia independientemente del tipo de articulación utilizada.

Tratándose de modelar una estructura socioeconómica particular, es claro que la importancia de que la matriz de datos utilizada tanto en el modelo macro como en el modelo micro sea consistente, es elevada. El grado de consistencia es menos crítico para los modelos con iteración, ya que en este caso el analista puede utilizar la estructura de ingreso y gasto contenida en la encuesta de hogares tal como resulte representada en ésta, gracias a que el proceso iterativo es una forma de generar la consistencia requerida. En contraste, para los modelos secuenciales, el tema de la consistencia inicial entre las bases de datos es más crítico, ya que de ésta depende en buena medida el tamaño del error de agregación en el modelo micro. Cuando el error de agregación es pequeño, no contar con un proceso iterativo es adecuado, ya que es muy improbable que la presencia de ese error conduzca a un sesgo en los resultados y un alto grado de consistencia inicial entre las bases de datos es fundamental (pero no suficiente) para obtener un error de pequeña magnitud.

La utilización de modelos integrados tipo macro-micro ha tomado una gran relevancia y es de utilidad cada vez más reconocida para el análisis ex ante y ex post de políticas públicas y choques exógenos a la economía, en la medida que permite superar los análisis simples de tipo contable (quién paga qué al Estado y quién recibe qué de

él), permitiendo considerar diferentes rangos de respuesta de los agentes que son sujeto u objeto de las políticas y los choques. Adicionalmente, más allá de las respuestas comportamentales de los agentes, permite considerar los efectos derivados de los nuevos equilibrios en los mercados, integrando tres niveles de análisis. El nivel micro, compuesto por los individuos en una encuesta de hogares, en el cual se hace un análisis de micro-simulación que permite identificar la incidencia distributiva de las políticas públicas o de los choques exógenos, sino también de cambios en los precios al consumidor y en los ingresos de los individuos, que son generados en el nivel macro. El nivel macro, en el cual se utilizan técnicas de modelación macroeconómica que permiten evaluar el impacto de choques exógenos y medidas de política pública sobre el ingreso de la economía y sus componentes, los niveles de precios, la tasa de cambio, etc., bien sea en una perspectiva de corto o de largo plazo. Finalmente, un nivel intermedio, o meso, en el cual se utilizan herramientas que permiten desagregar las proyecciones obtenidas al nivel macro, a nivel de precios, ingresos, empleo y retornos a los activos en los diferentes sectores de actividad y factores productivos de la economía (Bourguignon & Pereira da Silva, 2003).

Una forma particular de modelos integrados es la que utilizamos en este estudio. Esta consiste en el uso de un sistema insumo-producto para calcular los efectos de un choque externo sobre los niveles de producción sectorial para una economía regional, en este caso la de Bogotá, integrado con un modelo de micro-simulación de tipo no paramétrico que permite estimar los efectos que sobre el estatus de empleo de los individuos y los ingresos de los hogares, tiene el choque externo. El mecanismo de enlace entre los dos modelos, lo proporciona una matriz de empleo calculada específicamente para este fin, que permite moverse del resultado macro (cambios en los niveles de cada una de las actividades de la economía) al nivel micro (cambios en el empleo para cada sector, de acuerdo con sus diferentes modalidades -trabajo asalariado, trabajo por cuenta propia y nivel educativo).

### 3. Marco teórico

Como ya se mencionó, el propósito de este estudio es hacer una estimación de los efectos esperables que sobre la actividad económica de Bogotá pueden ocasionar los cambios que se han dado recientemente en las exportaciones de la ciudad y de los efectos que ésta puede tener sobre los ingresos de los hogares, vía cambios en los niveles de empleo, y su situación frente a la pobreza y la desigualdad. Para el propósito se ha optado por utilizar un modelo integrado macro-micro de tipo secuencial. En el nivel macro utilizamos un sistema insumo producto, construido a partir de una matriz insumo producto (MIP) que tiene como año base 2007, mientras que en el nivel micro utilizamos un modelo de micro-simulación de tipo no paramétrico desarrollado por Cicowiez y Sánchez (Cicowiez & Sánchez, 2010) a partir del modelo diseñado por Vos y Sánchez (Vos & Sanchez, 2010), instrumentado a partir de la Encuesta Multipropósito de Bogotá para 2014 (EMB 2014). El enlace entre los dos modelos lo proporciona una matriz de empleo construida a partir de la EMB 2014.

El procedimiento utilizado consiste en identificar los cambios pertinentes en las exportaciones a partir de información originada en la DIAN y procesada por el DANE, calcular a partir de allí el cambio que se genera en la demanda final por bienes producidos en la ciudad y utilizar este cambio para hacer un choque de demanda en el sistema insumo-producto. El sistema-insumo producto permite calcular los cambios directos e indirectos que se generan en los niveles de producción de la economía local, como consecuencia del cambio en las exportaciones. Mediante la utilización de la matriz de empleo, construida con un nivel de agregación sectorial similar al de la MIP, se calculan los consecuentes cambios en los niveles de empleo a nivel sectorial para cada una de las categorías utilizadas. Los cambios en los niveles absolutos de empleo, así obtenidos, se convierten a cambios porcentuales y se utilizan como parámetros de entrada para el modelo de micro-simulación. El modelo de micro-simulación asigna de manera aleatoria los

cambios en las diferentes categorías de trabajo a los hogares, de manera que la agregación de los cambios individuales genera como resultado exactamente el cambio obtenido con el sistema insumo producto. A partir de la asignación individual que hace el modelo de micro-simulación, se calculan los nuevos niveles de ingreso de los hogares y su posición con respecto a la línea de pobreza, de manera que es posible generar nuevos indicadores de pobreza y desigualdad en la distribución del ingreso. Este proceso de asignación se hace de manera repetida, a fin de generar un número suficiente de observaciones de cada una de las variables de salida que son de interés, para construir intervalos de confianza que permitan determinar si los cambios generados en las mismas son significativos o no.

Antes de proporcionar una descripción básica de los modelos empleados, es conveniente hacer algunas observaciones generales con respecto al ejercicio realizado. En primer lugar, debe notarse que los períodos de referencia de los distintos componentes de la modelación pueden tener implicaciones sobre los resultados obtenidos. En efecto, en el estudio nos basamos en una MIP con año base 2007, en tanto que la base de datos del modelo de micro-simulación, usada también para la construcción de la matriz de empleo, se origina en la EMB 2014. Mientras que en términos de la estructura de insumo producto no es esperable que se introduzcan distorsiones significativas en el análisis, dado que implícitamente se está asumiendo que la estructura insumo producto permanece sin variación entre 2007 y 2014, debido a que este tipo de variables efectivamente tiende a mostrar una elevada estabilidad en el tiempo, desde el punto de vista de la matriz de empleo la situación puede ser diferente.

A este respecto hay dos dimensiones que deben considerarse. Primero el número de trabajadores que están vinculados a cada uno de los sectores de actividad económica y, segundo, la composición de esa masa de trabajo por categorías. Con relación al número de trabajadores se tiene, en términos generales, una situación

similar a la observada arriba con respecto a la estructura insumo producto; en la medida en que tanto la estructura insumo producto como la estructura del valor agregado en las actividades económicas son el reflejo de la función de producción empleada en cada una de ellas, no es esperable que se presenten cambios significativos en el coeficiente empleo/producción; esta expectativa debe ser particularmente razonable en el marco de sistemas institucionales con relativas rigideces en cuanto a la contratación y despido de trabajadores. Por lo que tiene que ver con la composición del trabajo por categorías, se deben tener situaciones de mayor variabilidad, pero con una considerable heterogeneidad. Por ejemplo, la composición entre trabajadores asalariados y trabajadores por cuenta propia en un sector, muy probablemente responde a factores estructurales de la economía y en esta medida es improbable que presente cambios de importancia en períodos relativamente cortos. En contraste, dimensiones como la composición por género pueden tener una mayor variabilidad en el tiempo y, por tanto, ser susceptibles de resultar representadas de una manera inadecuada cuando los años de referencia utilizados en la MIP y en la matriz de empleo no coinciden. Finalmente, es probable que una dimensión como el nivel de calificación de los trabajadores se encuentre en un punto intermedio entre las dos anteriores ya que, si bien tiene un carácter más bien estructural, no sería sorprendente que presente alguna variabilidad en el mediano y aún en el corto plazo en ciertos niveles de calificación.

Una segunda observación que debe hacerse tiene relación también con diferencias en los períodos de referencia utilizados. El choque exógeno para el cual estimamos sus posibles impactos a nivel de la estructura de ingresos de los hogares y su situación de pobreza y desigualdad es el cambio observado en las exportaciones. No obstante, la magnitud de los cambios observados en las exportaciones se calcula a partir de la evolución de éstas entre los años 2013 y 2014, por lo que podría pensarse que la matriz de empleo registre ya algún

tipo de respuesta de la economía al choque modelado. Al respecto, es pertinente observar dos cosas: en primer lugar, no es muy probable que la economía reaccione de una manera prácticamente instantánea (y menos a nivel del empleo) ante un choque de este tipo; esto es así por varias razones, entre las cuales se pueden mencionar (i) la relativa rigidez del empleo en los sectores formales, de los que se espera que tengan una mayor vinculación directa e indirecta a la actividad exportadora; y, (ii) la existencia de un valor de opción en los trabajadores vinculados a la actividad económica antes del choque, en el sentido de que estos deben haber acumulado un cierto nivel de capital humano relacionado con el sector específico al que están vinculados y desarrollado a través de los procesos de aprendizaje que éstos tienen en su actividad laboral, lo que hace costoso su despido en caso de que el choque pruebe ser de índole temporal, ya que su reposición implicaría incurrir en costos adicionales de capacitación y entrenamiento. En segundo lugar, es aún más improbable que, en caso de haberse generado ya algún tipo de respuesta, ésta corresponda al ajuste total que la economía generaría ante el choque modelado. En cualquier caso, es importante admitir que este “desfase” entre el período para el que se calcula el choque y el año que sirve como base para la construcción de la matriz de empleo puede, potencialmente, generar sesgos en los resultados que son imposibles de detectar y cuantificar.

Una tercera observación, o más bien conjunto de observaciones, tiene que ver con las características particulares del ejercicio realizado. Por un lado, y como se desprende implícitamente de las observaciones realizadas, el horizonte temporal implícito en el ejercicio es de mediano plazo, en el sentido de que sus resultados tienen significado únicamente si se entienden como la respuesta de la economía a un choque que tiene unas características mínimas de permanencia, que hace que los agentes económicos reaccionen frente a una situación en la que perciben cierta estabilidad.

Por otra parte, dado el tipo de modelo macro que empleamos en este caso, solo tiene sentido la implementación de un modelo de tipo secuencial, ya que el sistema insumo-producto es, por definición, un modelo de precios fijos y de relaciones técnicas constantes, por lo cual el resultado del modelo de micro-simulación no genera ningún tipo de variable que pueda ser retroalimentada al sistema insumo-producto. Esta característica alivia, desde el punto de vista metodológico, los potenciales problemas de consistencia entre las bases de datos utilizadas en el modelo macro y en el modelo micro, a la luz de lo discutido arriba.

Ahora bien, el sistema insumo-producto es en esencia una forma lógica de organización de la información económica contenida en las matrices de oferta y utilización, a partir de las cuales se construye la MIP, cuyo punto de partida es la formulación de una función de producción que puede representarse como sigue:

$$x_j = F(x_{ij}, L_j, K_j, N_j)$$

donde:

- $x_j$  = producción de la industria  $j$
- $x_{ij}$  = uso del producto  $i$  en la producción de la industria  $j$
- $L_j$  = trabajo utilizado en la industria  $j$
- $K_j$  = capital utilizado en la industria  $j$
- $N_j$  = recursos naturales utilizados en la industria  $j$
- $F$  = organización de la producción, tecnología, know how, etc.

A esta función de producción subyacen una serie de supuestos que pueden sintetizarse en los tres enunciados a continuación. Primero, cada insumo es proporcionado por un solo sector productivo, por lo que en su producción se emplea una sola tecnología y, por tanto, no es sustituible por otros insumos. Segundo, los precios relativos de los bienes permanecen constantes y solo las relaciones técnicas (expresadas en los coeficientes técnicos) gobiernan (endógenamente) las interacciones en el sistema. Tercero, las compras de insumos son función exclusivamente del nivel de producción de la industria que los

demanda, por lo que éstas varían en proporción con la producción de la industria y la composición de los productos dentro de cada sector es constante.

Las relaciones técnicas están representadas por los coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ), cuya definición es

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$$

y el resto del valor total de la producción (el valor agregado) tiene su representación en los coeficientes del valor agregado ( $w_{ij}$ )

$$w_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$$

siendo  $z_{ij}$  el uso del factor primario en la producción de la industria  $j$ .

El balance insumo producto, que refleja el hecho de que el sistema económico representado se encuentra en equilibrio, implica que la suma de todos los usos de un producto en el sistema debe ser igual a su producción. A partir de allí, si definimos el arreglo de coeficientes técnicos como la matriz  $A$ , la demanda final como el vector la producción como el vector  $X$ , el balance insumo-producto se puede representar como:

$$Ax + y = x$$

con lo cual se puede arribar a la siguiente representación del sistema:

$$\begin{aligned} x - Ax &= y \\ (I - A)x &= y \end{aligned}$$

donde  $I$  es una matriz identidad de dimensión apropiada.

La solución de este sistema, es decir la expresión que permite calcular los requerimientos de producción de todos bienes en función de la demanda es:

$$x = (I - A)^{-1}y$$

donde la expresión  $(I - A)^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief o matriz de multiplicadores del sistema, que permite hacer el cálculo de los requerimientos de producción.

El choque exógeno al sistema se construye multiplicando el vector de demanda por el vector que representa el cambio en la demanda que es inducido por el choque, en este caso originado en cambios en las exportaciones. Esto produce como respuesta una nueva matriz de producción que incluye los cambios que el sistema productivo debe generar para satisfacer el nuevo vector de demanda. Como quiera que nuestro interés es pasar de los cambios en los niveles de producción a los cambios en los niveles de empleo asociados a los primeros, es necesario pre-multiplicar la inversa de Leontief por una matriz de coeficientes de empleo adecuadamente definida para los distintos tipos de categorías de trabajo empleadas en la micro-simulación. Si representamos por el vector de cambios en la demanda, por  $C$  la matriz de coeficientes de empleo y por  $Z$  la nueva matriz de producción, el sistema insumo-producto aumentado que empleamos en nuestro ejercicio estaría dado por:

$$Z = C * (I - A)^{-1} Y * e.$$

En estas condiciones, la salida que se obtiene del modelo macro consiste en una serie de cambios porcentuales en los niveles de empleo, para cada una de las categorías de empleo utilizadas en la micro-simulación y para cada sector económico representado en el sistema insumo producto. Los cambios registrados en el nivel agregado de empleo para cada uno de los sectores económicos, permiten calcular también unos cambios estimados en la tasa de desempleo.

Como ya se ha mencionado, en el modelo de micro-simulación se asume que los cambios ocupacionales pueden ser aproximados de manera adecuada mediante un procedimiento de selección aleatoria, en el marco de una estructura del mercado de trabajo de tipo segmentado. Este procedimiento permite imponer cambios contrafactuales en algunas variables clave del mer-

cado de trabajo, como la tasa de desempleo, la composición sectorial del empleo, el estatus ocupacional, etc., partiendo de la distribución efectivamente observada en la encuesta de hogares, en este caso la EMB 2014.

De una manera sucinta, el ingreso per cápita de los hogares se calcula a partir de la siguiente expresión:<sup>1</sup>

$$ypc = \frac{1}{n_h} \left[ \sum_{i=1}^{n_h} yp_{hi} + yq_h \right]$$

donde:

- $n_h$  es el total de miembros del hogar h
- $yp_{hi}$  es el ingreso laboral del individuo  $i$  que pertenece al hogar h
- $yq_h$  es el ingreso no laboral del hogar h

En tanto que el ingreso no laboral del hogar es dado por:

$$yq_h = \sum_{i=1}^{n_k} yqp_{hi} + yqt_h$$

donde:

- $yqp_{hi}$  es el ingreso no laboral del individuo  $i$  del hogar h
- $yqt_h$  son otros ingresos del hogar h

En las simulaciones se altera el ingreso laboral de algunos individuos del hogar, como consecuencia de los cambios originados en el modelo macro para los niveles de empleo, de cada una de las categorías utilizadas. Debe notarse, sin embargo, que dado que nuestro modelo macro es un sistema insumo-producto, los cambios en los ingresos no se deben, en ningún caso, a cambios en los niveles de salario, sino que se desprenden completamente de cambios en la demanda por trabajo originados como respuesta al choque exógeno.

<sup>1</sup> Esta presentación del modelo se basa en (Cicowicz & Sánchez, 2010).

En las simulaciones se adopta, también, un enfoque secuencial. Esto implica que los cambios en  $\gamma p_{hi}$  se generan como resultado de la siguiente cadena de decisiones: en primer lugar el individuo decide si participar o no en el mercado laboral y, a continuación, en caso de participar, su probabilidad de encontrar empleo depende de la interacción entre la oferta y la demanda de trabajo. Posteriormente, provisto que el individuo obtiene trabajo, decide el sector económico en el cual desarrollará su actividad y subsecuentemente decide su estatus laboral, es decir, si trabajará como empleado o auto-empleado.

El uso del enfoque secuencial para la micro-simulación es relevante por cuanto los resultados de ésta pueden, eventualmente, ser dependientes del sendero seguido. No obstante, algunas pruebas de sensibilidad sugieren que, en la práctica, la secuencia escogida no genera un

efecto importante en los resultados de pobreza y desigualdad agregados, aunque sí se presentan variaciones en los pasos intermedios de la micro-simulación de acuerdo con el orden que se haya definido para la secuencia (Ganuza, Paes de Barros, & Vos, 2002).

En esta sección se describe de manera general el procedimiento empleado para la implementación del modelo macro-micro, comenzando por la descripción de los datos utilizados, la preparación de la base de datos para el modelo de micro-simulación y el proceso de generación del sistema insumo-producto y de las micro-simulaciones. Finalmente, se proporciona una descripción de la estructura económica de Bogotá en las dimensiones pertinentes para este estudio, con el fin de proporcionar un patrón de comparación que permita apreciar los resultados obtenidos.

## 4. Marco empírico

### A. Datos

La MIP 2007 fue elaborada por encargo de la Secretaría de Desarrollo Económico e incluye información para 59 sectores económicos/productos, de acuerdo con la codificación del Sistema de Cuentas Nacionales Base 2000 (SCN00). Se construyó a partir de una actualización de un cuadro oferta-utilización que había sido preparado en 2005 (Secretaría de Desarrollo Económico, 2011). Para nuestros propósitos, los 59 sectores se reagruparon en 13 sectores contruidos fundamentalmente a partir de la fortaleza relativa de sus relaciones insumo-producto; estos sectores son (1) basados en recursos naturales, (2) agroindustria, (3) industria liviana, (4) productos básicos, (5) maquinaria y equipo, (6) otra industria, (7) servicios públicos, (8) construcción, (9) comercio, (10) servicios personales, (11) transporte comunicaciones, (12) servicios de las empresas, (13) administración pública y defensa. La correspondencia entre esta agrupación sectorial y la codificación del sistema de cuentas nacionales se presenta en el anexo.

La EMB 2014 fue realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) bajo la iniciativa de la Secretaría Distrital de Planeación (SDP) y brinda información en materia de condiciones de vida para las localidades de Bogotá y 31 municipios adicionales. Para los propósitos de este estudio solo se tiene en cuenta la información consolidada para el Distrito, cuyo alcance es el siguiente:

- » Módulo A: Identificación de la vivienda encuestada. De este módulo se obtiene información para seleccionar los hogares con vivienda en Bogotá.
- » Módulo C: Condiciones habitacionales y del entorno. De este módulo se obtiene información acerca de la conformación de los hogares (miembros).

- » Módulo E: Composición del hogar y demografía. De este módulo se extrae información de género y edad, así como los factores de expansión para todos los individuos.
- » Módulo H: Educación. De este módulo se toma información de logro educativo (grado educativo más alto alcanzado y nivel en el que está matriculado), para población mayor de 4 años
- » Módulo K: Fuerza laboral. De este módulo se extrae información del estado ocupacional (ocupado, desocupado, inactivo), actividad económica a la cual está vinculado, remuneración laboral e ingresos no laborales, de la población en edad de trabajar.

Los datos de la EMB 2014 permiten cuantificar, a nivel de sectores, género, estado laboral y nivel de ingresos, el número de empleados de Bogotá, y estimar –cruzando la información con la de la MIP 2007– coeficientes técnicos de empleo. Paralelamente, estos datos permiten calcular ingresos de los hogares por deciles, y establecer niveles de pobreza monetaria a partir de distintos umbrales definidos exógenamente.

Para determinar la dimensión del choque de demanda objeto de análisis, se utiliza la información de exportaciones (FOB en dólares) de Bogotá, para los años 2013 y 2014, generada por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). La información de estas bases de datos permite conocer el valor de las exportaciones a nivel de partida y subpartida arancelaria y estimar las variaciones durante el período analizado, haciendo la equivalencia entre la nomenclatura arancelaria nacional y la del sistema de cuentas nacionales mediante las tablas correlativas correspondientes.

### B. Preparación y consolidación de las bases de datos

El choque de demanda cuyos efectos se simulan se origina en los cambios registrados

en las exportaciones de Bogotá entre 2013 y 2014. Para la construcción del vector de choques de demanda, se debe estimar la participación que en la demanda final tienen las exportaciones para cada uno de los sectores y luego calcular el cambio porcentual que la caída en las exportaciones representa dentro del conjunto de la demanda final. Para el caso, la demanda final está compuesta por las exportaciones, el consumo final de hogares y gobierno y la formación bruta de capital fijo (inversión).

El procedimiento implica calcular una matriz de participación de los componentes en la demanda final  $WY$ :

$$WY = (diagy)^{-1} * CY = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m1} & \cdots & w_{mi} \end{bmatrix}$$

donde:

- $diagy$  es la diagonalización del vector de demanda final.
- $CY$  contiene el valor de los componentes de la demanda final en cada sector.
- $w_{mi}$  representa la participación porcentual del componente de demanda final  $i$  en el sector económico  $m$ .

El vector  $e$  es, entonces, la suma de los cambios porcentuales de los componentes de demanda final ponderados por su participación,  $w_{im}$ :

$$e = \begin{bmatrix} e_{11}^* * w_{11} + \cdots + e_{1i}^* * w_{1i} \\ \vdots \\ e_{m1}^* * w_{m1} + \cdots + e_{mi}^* * w_{mi} \end{bmatrix}$$

donde:

- $e_{mi}^*$  es el cambio porcentual observado del componente de demanda final  $i$  en el sector económico  $m$ .

Por su parte, la EMB 2014 permite construir la matriz de empleo y la matriz de coeficientes técnicos de empleo, desagregados por género, categoría ocupacional y nivel educativo, para cada uno de los 13 sectores de la MIP. Estos coeficientes permiten generar los requerimientos de trabajo que tiene la economía y cada uno de sus sectores, tanto en el escenario base como en el escenario contrafactual.

La matriz de empleo sectorial  $S$  está dada por:

$$S = \begin{bmatrix} t_{11} & \cdots & t_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \cdots & t_{nm} \end{bmatrix}$$

donde:

$t_{nm}$  es el número de trabajadores con nivel de calificación  $n$  en el sector económico  $m$ .

De esta manera, la matriz de coeficientes técnicos de empleo  $MCE$  se obtiene de la división entre el número de empleados en cada sector de la economía y la producción total del respectivo sector, que, de manera matricial, se puede expresar de la siguiente forma:

$$MCE = S * diagx^{-1} = \begin{bmatrix} cte_{11} & \cdots & cte_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ cte_{n1} & \cdots & cte_{nm} \end{bmatrix}$$

donde:

- $cte_{nm}$ : es el coeficiente técnico de empleo de la masa de trabajadores con nivel de calificación  $n$  que laboran en el sector económico  $m$ .
- $diagx^{-1}$  es la inversa de la diagonalización del vector de producción.

Finalmente, la matriz  $MCE$ , se desagrega por categoría ocupacional, es decir, se calculan las matrices de coeficientes técnicos de empleados  $MCE_e$ , y auto-empleados  $MCE_{ae}$ . Dichas matrices se obtienen de manera análoga a la anterior:

$$MCE_e = \begin{bmatrix} erc_{11} & \cdots & erc_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ erc_{m1} & \cdots & erc_{mn} \end{bmatrix} * diagx^{-1} = ERC * diagx^{-1}$$

donde:

- $erc_{mn}$  es la demanda que hace el sector de empleados con nivel de calificación  $n$ .

$$MCE_{ae} = \begin{bmatrix} aerc_{11} & \cdots & aerc_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ aerc_{m1} & \cdots & aerc_{mn} \end{bmatrix} * diagx^{-1} = AERC * diagx^{-1}$$

donde:

- $aerc_{mn}$  es la demanda que hace el sector  $m$  de auto-empleados con nivel de calificación  $n$ .

Estas matrices permiten implementar el choque a las exportaciones en el marco del sistema insumo-producto, para generar los cambios concomitantes en la demanda por los distintos tipos de empleo a nivel sectorial, que van a alimentar el modelo de micro-simulación. La obtención de las salidas del sistema insumo producto sigue las líneas de la presentación hecha en la sección anterior. En cualquier caso, la obtención de la matriz de choques,

de la matriz de empleo y de la matriz de coeficientes de empleo, así como el procedimiento detallado para operar el sistema insumo-producto, se describen con detalle en el anexo.

Como se dijo, para la micro-simulación utilizamos la metodología desarrollada por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (UN-DESA), para la cual se diseñó y construyó un programa en Stata (Cicowicz & Sánchez, 2010). La utilización de este programa requiere la preparación de una base de datos originados en encuestas de hogares, para nuestro caso la EMB 2014, cuya estructura básica se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1. Variables requeridas para la micro-simulación**

Variable	Descripción
<b>HOGARES</b>	
Id	Código identificador del hogar
Size	Tamaño del hogar (# de miembros)
Popwt	Factor de expansión
Yh	Ingreso del hogar
Ypc	Ingreso per cápita del hogar
pl_moderate	Línea de pobreza
pl_extreme	Línea de pobreza extrema
pl_1usd	Línea de pobreza de 1 dólar
pl_2usd	Línea de pobreza de 2 dólares
<b>TODOS LOS INDIVIDUOS</b>	
Age	Edad del individuo
Gender	Género del individuo
Skill level	Nivel de calificación del individuo
Labour status	Estado laboral (empleado, desempleado, inactivo)
Membership to the (labor market) microsim	Dummy para seleccionar población objeto de la micro-simulación
<b>OCUPADOS</b>	
Labour income	Ingreso laboral
Sector of employment	Sector económico en el que se desempeña
Occupational category	Categoría ocupacional (empleado/auto-empleado)

Fuente: Adaptación de los autores, con base en (Cicowicz & Sánchez, 2010)

Como se desprende de la tabla, la base de datos requiere del uso de información a distintos niveles: los hogares, los individuos y los individuos ocupados. Por tanto es necesario consolidar una sola base a partir de los registros correspondientes a los distintos módulos de la encuesta, de manera que todos los individuos y los individuos ocupados, se puedan referir de manera inequívoca a sus respectivos hogares. La base permite distinguir entre empleados y desempleados y, para los primeros, el sector económico de su ocupación (para los 13 sectores considerados), su categoría ocupacional

(empleado asalariado o auto empleado), género y nivel educativo (primaria, secundaria, técnica, superior y ninguna educación). La descripción detallada del proceso de construcción de la base de datos se proporciona en el anexo.

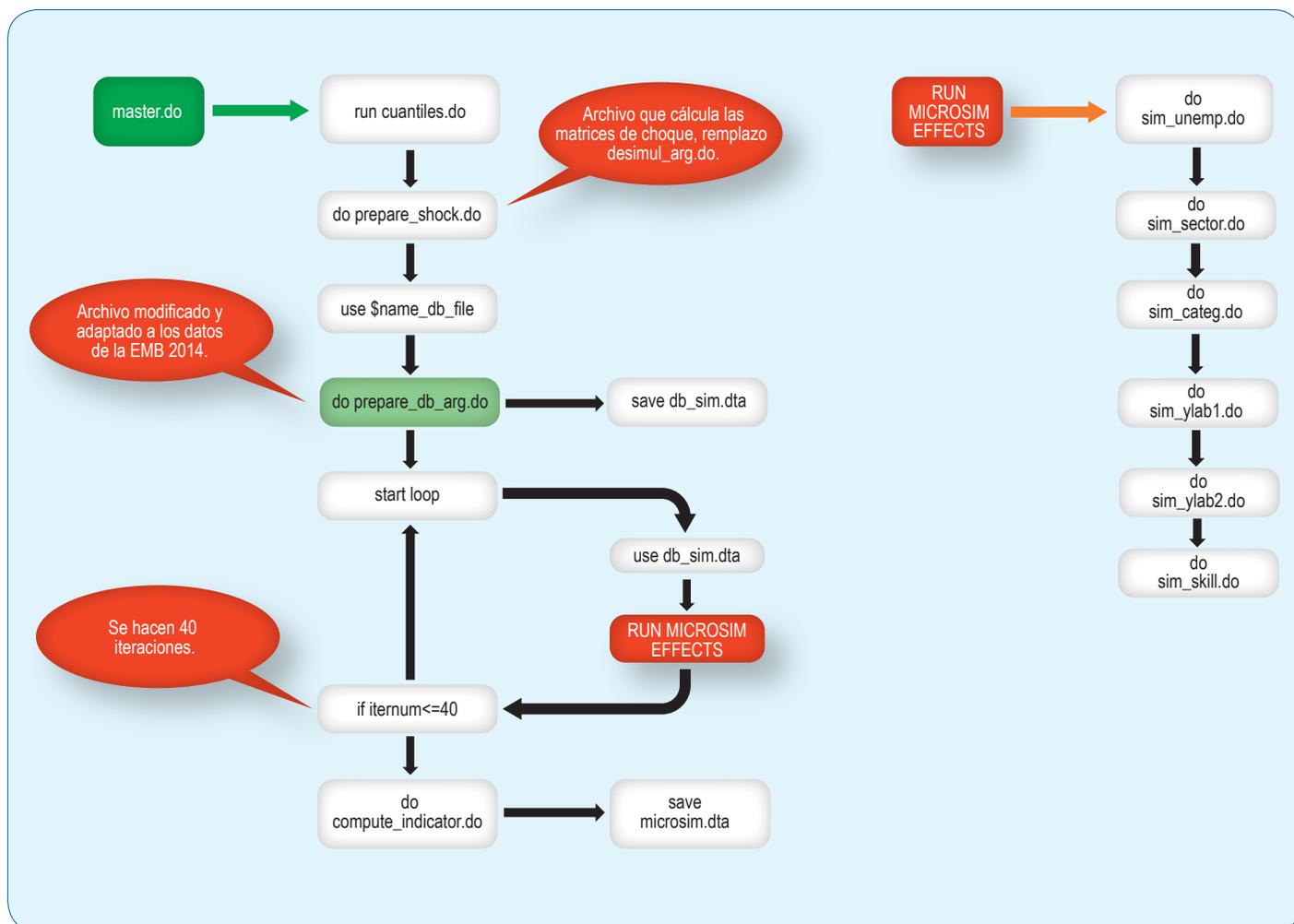
### C. El proceso de micro-simulación

La utilización del software de micro-simulación requirió un cierto nivel de adaptación de los procedimientos y de ajuste de la programación, que básicamente tienen que ver con la rutina de

preparación de la base de datos y con la generación y captura de los parámetros para los choques. La gráfica 1 ilustra de manera esque-

mática el proceso que se sigue para la micro-simulación y los pasos en los cuales se hicieron intervenciones.

**Gráfica 1. Flujoograma del programa de micro-simulación adaptado para el estudio sobre Bogotá**



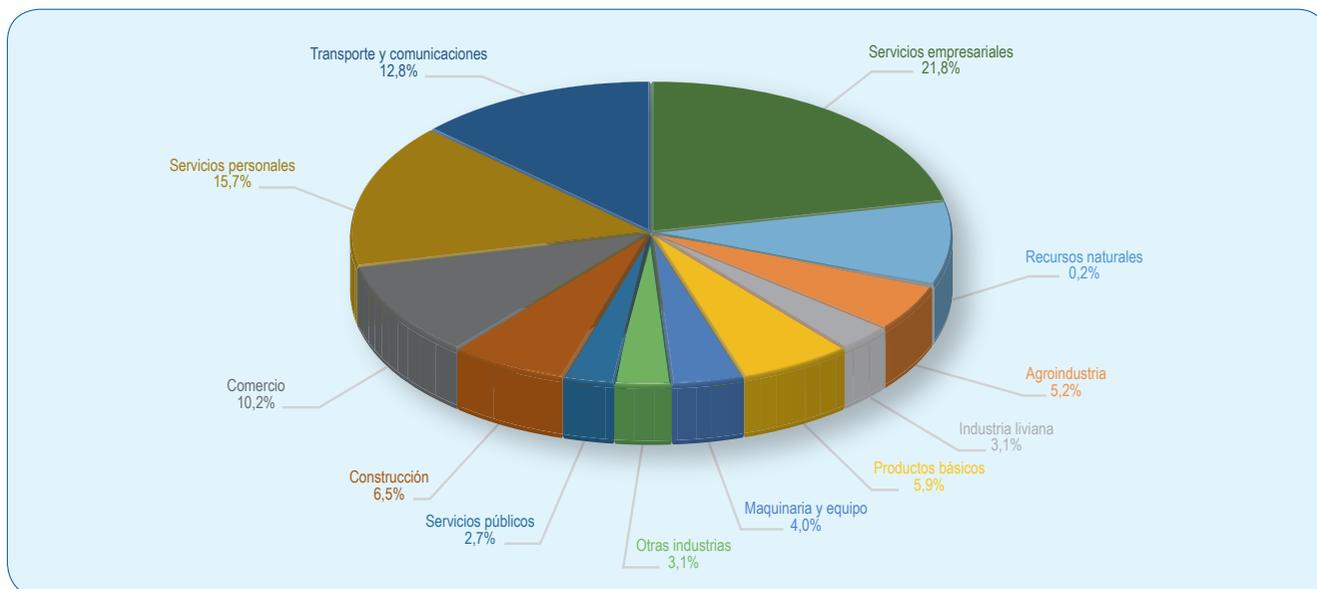
Fuente: Adaptación de los autores con base en (Cicowiez & Sánchez, 2010).

#### D. Situación en el escenario base

Antes de discutir los resultados, es importante tener un panorama general de la economía de Bogotá, en el marco de las dimensiones que son de interés para el estudio. En este sentido, a continuación se describen (i) la estructura productiva de la ciudad y de la demanda final, de acuerdo con información contenida en la MIP 2007, (ii) la estructura del empleo a partir de la EMB 2014, (iii) el comportamiento de las exportaciones entre 2013 y 2014 y (iv) la situación de pobreza y distribución del ingreso.

En la gráfica 2 se observa la estructura sectorial de la economía de Bogotá de acuerdo con la MIP 2007. De acuerdo con ésta, existe una marcada participación del macro-sector de servicios en el PIB total de la ciudad. Los siete sectores que componen el macro-sector de servicios concentran el 78,6% de la producción total de la economía, destacándose los servicios empresariales (21,8% del total), los servicios personales (15,7%) y el transporte y comunicaciones (12,8%).

**Gráfica 2. Participación de los sectores en la producción total**



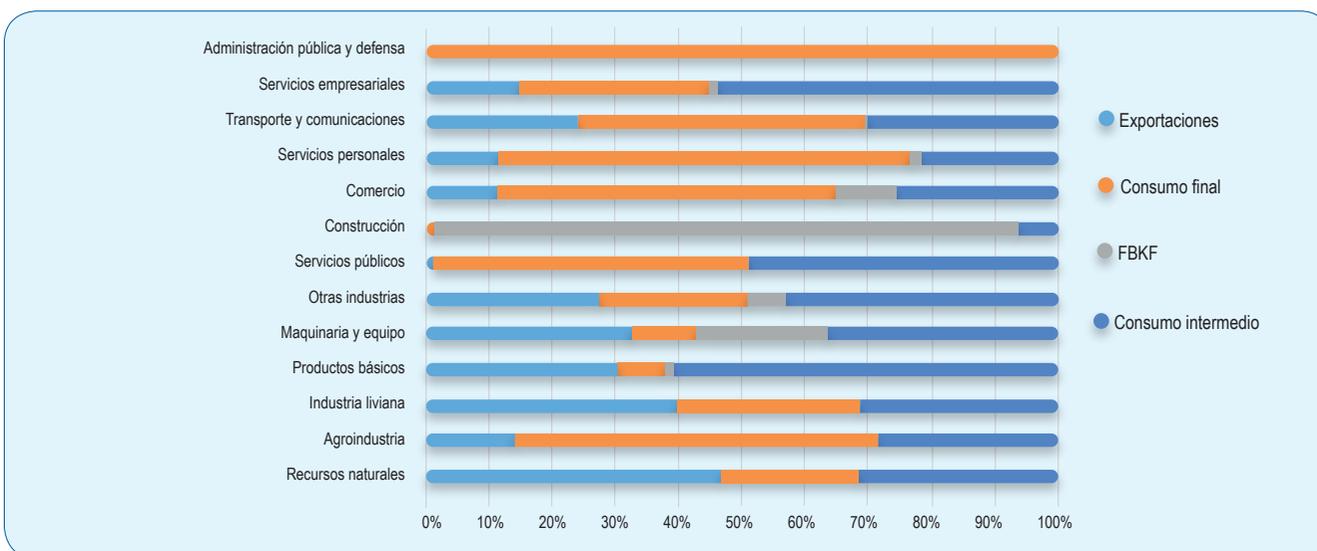
Fuente: MIP para Bogotá 2007. Cálculos Autores.

Por otro lado, el macro-sector industrial representa el 21,2% del total de la producción, siendo las principales actividades industriales la producción de productos básicos (entre ellos productos químicos, plásticos y metalúrgicos básicos, con un 5,9% de la producción total), la agroindustria (5,2%) y la maquinaria y equipo (4%). En perspectiva, dichos sectores participaron menos que sectores tales como comercio (10,2%), administración pública y defensa (8,9%) e incluso construcción (6,5%).

Por lo que se refiere a la demanda, la gráfica 3 muestra su composición para cada uno de los

sectores de la economía. De allí se desprende, que, en general, las exportaciones representan una proporción relativamente baja de la demanda en todos los casos, superando el 40% únicamente en el sector basado en recursos naturales, cuya participación en el producto de la ciudad es reducida. Los sectores en los que más participan las exportaciones en la producción total son: recursos naturales (46,8% de la producción total sectorial), industria liviana (39,8%), maquinaria y equipo (32,6%) y productos básicos (30,4%).

**Gráfica 3. Participación de los componentes en la demanda final**



Fuente: MIP para Bogotá 2007. Cálculos Autores

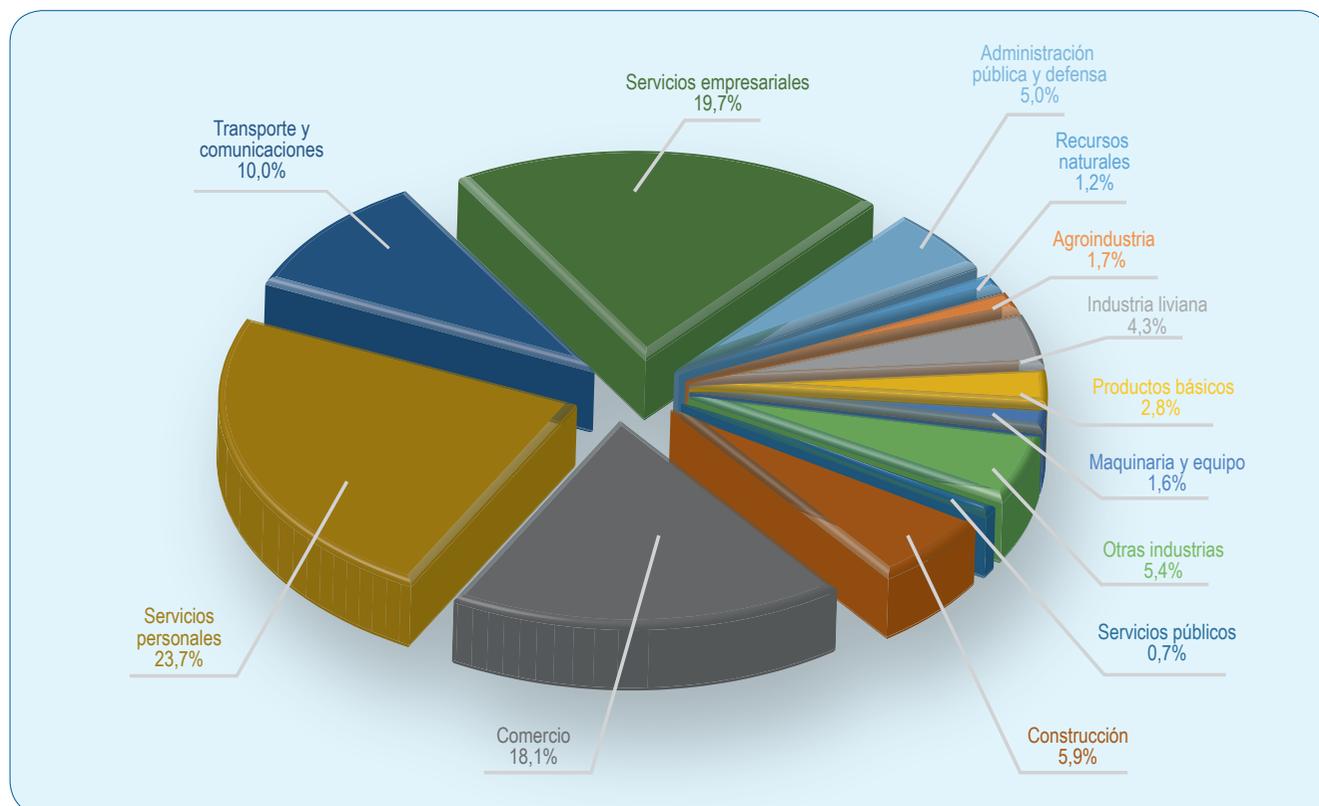
Son de destacar las importantes participaciones del consumo intermedio en la producción total de sectores como productos básicos (60,8%), servicios empresariales (53,7%), servicios públicos (48,9%) y otras industrias (42,9%). En el caso de la formación bruta de capital fijo, se observa una alta participación en la producción total del sector de construcción (92,4%), mientras que el consumo final engloba toda la producción del sector de administración pública y defensa.

Finalmente, es importante recordar que, en el marco del sistema insumo-producto, la demanda para consumo intermedio es endógena al modelo, en tanto que la demanda final (compuesta por las exportaciones, el consumo final y la inversión) es exógena y el choque cuyos

efectos simulamos se refiere únicamente a las exportaciones.

Por el lado del empleo, la gráfica 4 ilustra la composición sectorial del empleo. De allí se desprende que el macro-sector servicios<sup>2</sup> concentra el 83% de los ocupados, mientras que la industria ocupa al 15,8%, dejando el restante 1,2% a los sectores basados en recursos naturales. En el macro-sector de servicios se destacan sectores como los servicios personales (23,7% del empleo total en 2014), los servicios empresariales (19,7%) y el comercio (18,1%). Por su parte, en el macro-sector industrial, los principales sectores por nivel de empleo son otras industrias<sup>3</sup> con un 5,4% e industria liviana que participa con el 4,3%.

Gráfica 4. Población ocupada según sector



Fuente: EMB 2014. Cálculos Autores

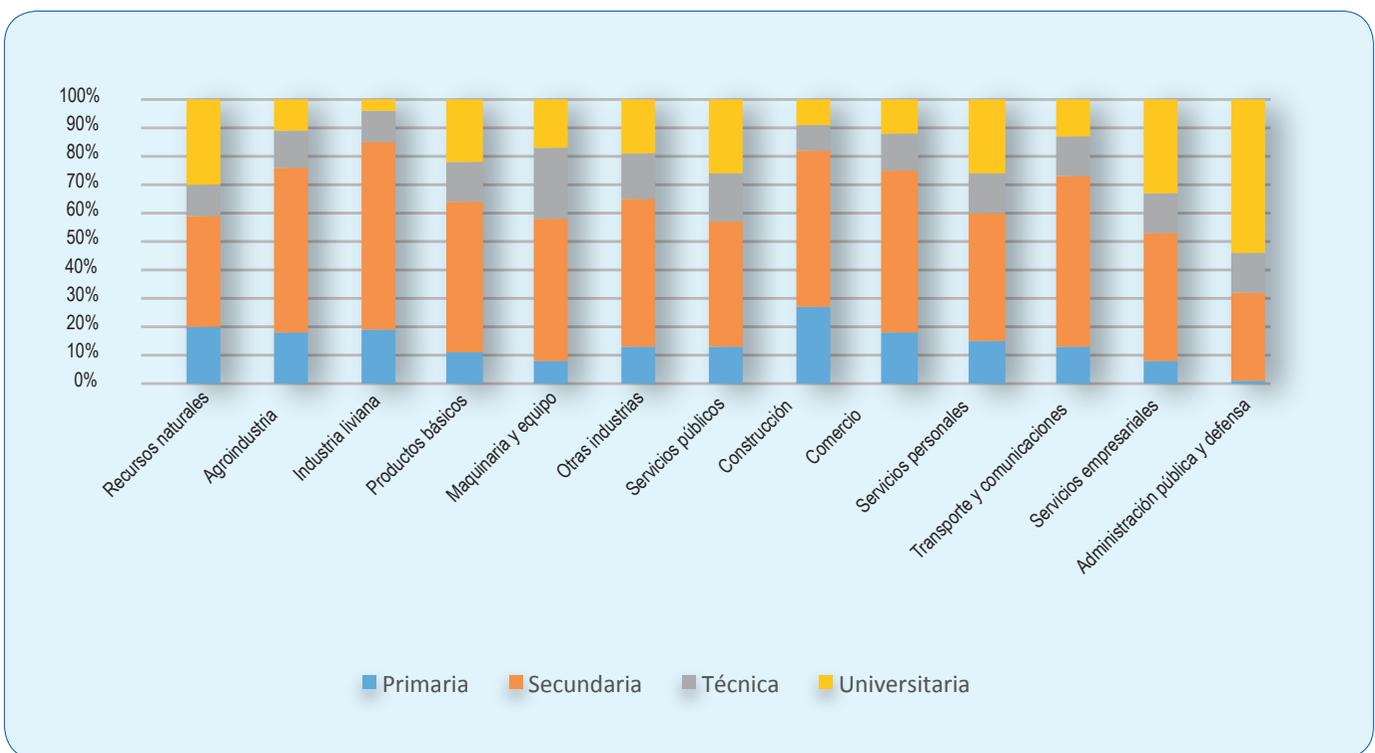
<sup>2</sup> Incluye comercio y construcción.

<sup>3</sup> Incluye papel cartón, edición y muebles

En cuanto al nivel de calificación del empleo por sector, la gráfica 5 presenta la información relevante. De allí se hacen evidentes diferencias significativas en la estructura laboral, que implican que, sectores como la construcción, los basados en recursos naturales y la industria liviana, presentan participaciones relativamente altas de ocupados con nivel de educación primaria (26,9%, 19,6% y 18,9% del total de ocupados del sector, respectivamente), en tanto que sectores como la industria liviana, el transporte y comunicaciones muestran participaciones elevadas de ocupados con nivel de estudios secundarios (66,2%, 60,1% y 57,5%, respectivamente) y

sectores como los basados en productos básicos, la maquinaria y equipo, otras industrias y construcción y comercio, presentan participaciones superiores al 50%. Los sectores que, comparativamente, emplean un mayor porcentaje de trabajadores con nivel de educación técnico o tecnológico son el de maquinaria y equipo (24,8%), el de servicios públicos (17,1%) y el de otras industrias (15,7%). Finalmente, es destacable la proporción de trabajadores con estudios superiores en sectores como: administración y defensa pública (54,3%), servicios empresariales (33,4%) y basados en recursos naturales (29,7%).

**Gráfica 5. Estructura laboral por sector y nivel de calificación**

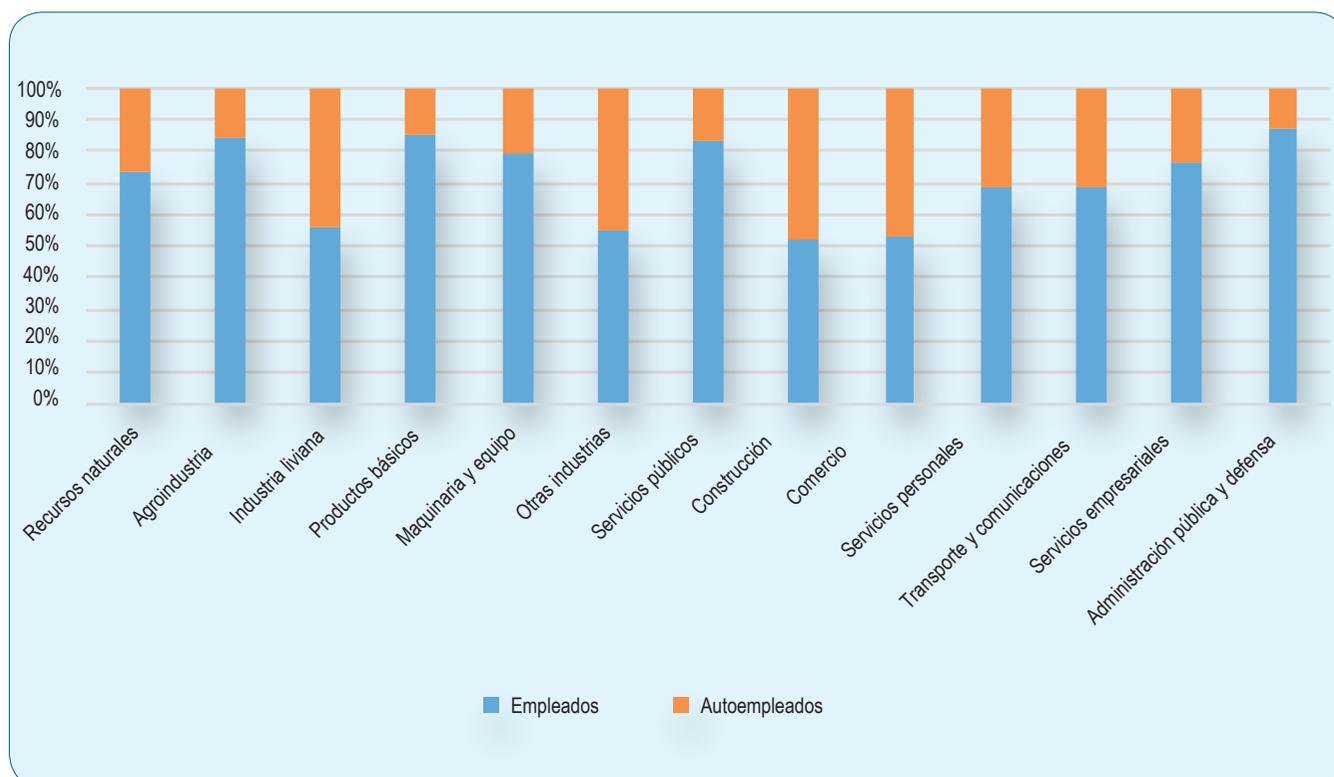


Fuente: EMB 2014. Cálculos Autores.

Desde la óptica de la categoría ocupacional (empleados y auto-empleados), los sectores en que se presenta mayor concentración de auto-empleados con respecto al total de ocupados del respectivo sector son: construcción (47,8%), comercio (47%) y otras

industrias (44,9%), como se aprecia en la Gráfica 6. En contraste, los sectores donde proporcionalmente se presenta menos auto-empleo son administración pública y defensa (12,3%), productos básicos (14,8%) y agroindustria (15,3%).

Gráfica 6. Estructura laboral según categoría ocupacional



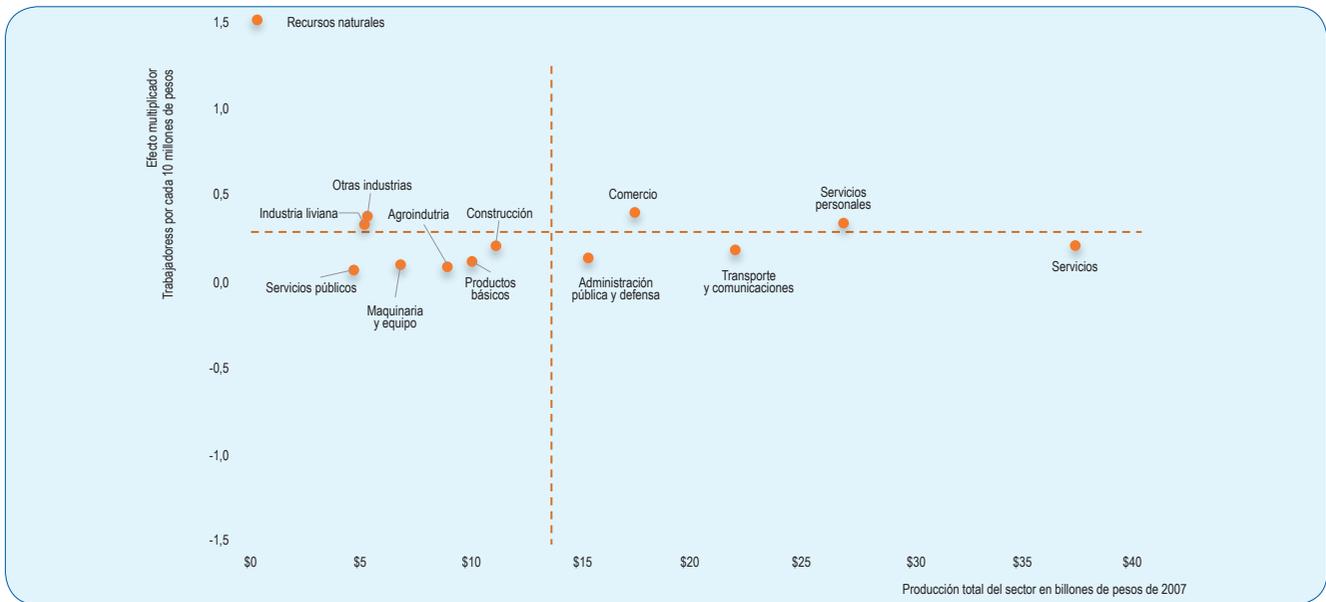
Fuente: EMB 2014. Cálculos Autores.

Por otra parte, la matriz de coeficientes de empleo proporciona una visión general de la capacidad de generación de empleo en los diferentes sectores. En la gráfica 7 se visualiza la relación entre número de empleos por cada diez millones de pesos de producto sectorial y la producción total de los sectores. Las líneas punteadas significan promedio entre sectores del número de empleados por cada 10 millones de pesos (horizontal) y el promedio de producción total en el 2007 (vertical).

De allí se desprende que existen diferencias significativas entre sectores. Por un lado, el comercio y los servicios personales tienen un importante peso en la producción total de la economía, además de una relativa alta capacidad de generación de empleo, por lo que incrementos en su producción generan aumentos en el número de ocupados, en una proporción superior al promedio registrado para los 13 sectores en que se dividió la economía.

De otro lado, el sector de recursos naturales, pese a registrar la más elevada capacidad de generación de empleo, no puede generar incrementos importantes ante cambios porcentuales en su producción, debido a su baja participación en la producción total. En una condición similar se encuentran la agroindustria, otras industrias e industrias livianas. En un tercer grupo se encuentran los sectores de administración pública y defensa, transporte y comunicaciones y servicios empresariales, que no registran una alta intensidad relativa en términos de empleo, pero cuya participación en la producción total es superior al promedio de los trece sectores. Por último, los sectores maquinaria y equipo, y servicios públicos, además de registrar baja capacidad de generación de empleo tienen una participación relativamente reducida en la economía de la ciudad.

**Gráfica 7. Coeficiente de empleo vs. Producción sectorial**



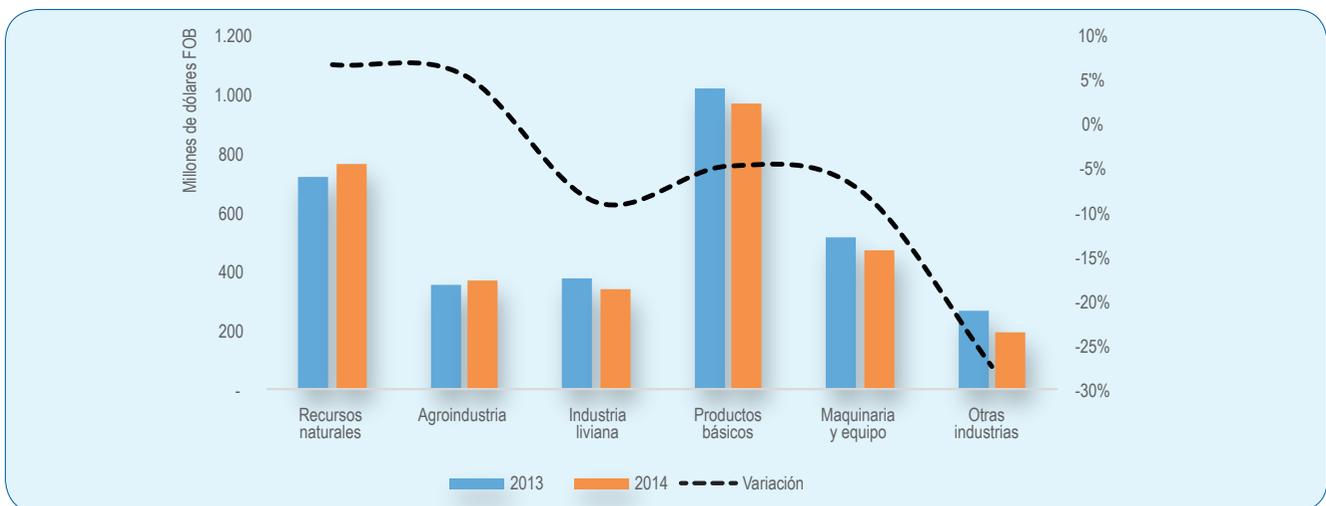
Fuente: MIP para Bogotá 2007 y EMB 2014. Cálculos Autores.

Debido a las discrepancias de medida y temporal entre los datos de comercio exterior contenidos en la MIP y las cifras de exportaciones reportadas por el DANE entre 2013 y 2014, para los choques se tienen en cuenta únicamente las exportaciones de bienes reportadas por ésta última entidad, que estén clasificadas entre los códigos 01 y 37 del SCN00. Para ello se usan tablas correlativas provistas por el DANE, que relacionan la partida arancelaria a 10 dígitos con el código del SCN00, se calculan las variaciones interanuales de cada uno de los 6 sectores en

que se agrupan los anteriores códigos y se imputa dicho cambio al sistema insumo producto.<sup>4</sup>

En lo que respecta a las cifras de exportaciones, entre 2013 y 2014 se presenta un aumento en las ventas externas de productos asociados al sector de recursos naturales (6,6%), así como en productos agroindustriales (5,4%), mientras que los demás sectores industriales registraron importantes disminuciones, como es el caso de otras industrias (27,4%), industria liviana (8,9%), maquinaria y equipo (7,6%) y productos básicos (4,8%).

**Gráfica 8. Comportamiento de las exportaciones de bienes, 2013-2014**



Fuente: DANE 2015. Cálculos Autores.

<sup>4</sup>El asunto de las discrepancias entre la información reportada por exportaciones por el DANE y la contenida en la MIP debe ser considerado cuidadosamente en cualquier trabajo sobre el tema. Tratándose de un estudio de tipo más bien exploratorio e ilustrativo, en este caso no nos ocupamos de él.

Finalmente, a partir de la información contenida en la base de datos para el modelo de micro-simulación, se puede apreciar la situación de la población de Bogotá en términos de algunos indicadores básicos de pobreza y desigualdad del ingreso. La tabla 2 reporta los datos pertinentes, sobre los que es importante mencionar que pueden presentar diferencias con estimaciones hechas explícitamente para generar indicadores de pobreza y desigualdad, debido a que en el ejercicio que acá realizamos, como se mencionó arriba, no se hace una contabilización exhaustiva de los ingresos de los hogares (en particular, no se contabilizan transferencias y subsidios recibidos del gobierno, ni se imputa el costo de oportunidad de la vivienda propia) y, debido al período de recolección, la EMB puede introducir algún tipo de sesgo por estacionalidad.<sup>5</sup>

Los indicadores son generados por el código de micro-simulación y conforman el escenario base contra el cual se mide el efecto potencial del choque simulado. Así, en 2014 el 13,6% de las personas se encontraban en condición de pobreza; es decir, su ingreso promedio era inferior a \$229.672 mensuales. En el caso de la pobreza extrema, el porcentaje de personas por debajo de la línea establecida es 5,9%, lo que equivale a alrededor de 462.090 individuos. Desde la perspectiva de la distribución del ingreso, las cifras calculadas muestran una marcada desigualdad, tanto en los ingresos per cápita de los hogares (0,549) como en los ingresos laborales (0,52).

**Tabla 2. Indicadores de pobreza y desigualdad observados**

Indicador	Valor observado
Porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza	13,59
Porcentaje de la población por debajo de la línea de pobreza extrema	5,93
Porcentaje de la población que vive con menos de dos dólares diarios	6,39
Porcentaje de la población que vive con menos de un dólar diario	4,78
Coefficiente de Gini calculado para el ingreso per cápita de los hogares	0,549
Coefficiente de Gini calculado para el ingreso laboral	0,520

Fuente: EMB 2014. Cálculos autores

<sup>5</sup> Por ejemplo, para 2013 el DANE estima que la tasa de incidencia de la pobreza en la ciudad fue 10,2%, en tanto que para 2012 fue 11,6%; igualmente, la incidencia de la pobreza extrema se estima en 1,6% para 2013 y en 2% para 2012, en tanto que el coeficiente de Gini se calcula en 0,504 para 2013 y en 0,497 para 2012 (DANE, Julio de 2014).

## 5. Resultados

Como se desprende de su diseño, el ejercicio realizado produce dos conjuntos de resultados. En primer lugar los que se obtienen del sistema insumo producto, expresados como cambios en la demanda por trabajo a nivel sectorial y, en segundo lugar, los que se desprenden del modelo de micro-simulación, relacionados con la incidencia de la pobreza y la desigualdad.

La tabla 3 presenta los resultados obtenidos del sistema insumo-producto. En la segunda columna de la tabla se registran los choques que fueron impuestos sobre el sistema, expresados

como el cambio porcentual en el nivel de exportaciones para cada sector considerado, mientras que en la tercera columna el choque de exportaciones se manifiesta en términos del cambio que induce en la demanda final para cada sector. La relación entre los valores de estas dos columnas depende de la importancia relativa de las exportaciones en la demanda final y, por tanto, es un indicador de la capacidad de impacto que sobre el sector tienen los cambios en las exportaciones (en general, participaciones reducidas de las exportaciones en la demanda final tenderán a generar cambios moderados en la producción, haciendo abstracción de los efectos insumo producto).

**Tabla 3. Choque a las exportaciones y respuesta de la producción, en cambios porcentuales**

Sector	Cambio porcentual en:		
	Exportaciones	Demanda final	Producción
Recursos naturales	6,55%	4,48%	2,72%
Agroindustria	5,40%	1,06%	0,86%
Industria liviana	-8,91%	-5,17%	-4,54%
Productos básicos	-4,85%	-3,76%	-2,27%
Maquinaria y equipo	-7,56%	-3,88%	-2,87%
Otras industrias	-27,45%	-13,25%	-8,21%
Servicios públicos	0%	0%	-0,36%
Construcción	0%	0%	-0,02%
Comercio	0%	0%	-0,33%
Servicios personales	0%	0%	-0,05%
Transporte y comunicaciones	0%	0%	-0,18%
Servicios empresariales	0%	0%	-0,22%
Administración pública y defensa	0%	0%	0,00%

Fuente: Cálculo de los autores, modelo insumo producto

En la última columna de la tabla 3 se presenta la respuesta del sistema en términos de los cambios inducidos en la producción sectorial. De allí se puede observar que el sector otras industrias registra el choque de mayor magnitud,

expresada en términos de demanda final, y el mayor choque (negativo) en términos de producción. La industria liviana muestra tanto el segundo choque en cuanto a magnitud, como el segundo en cuanto a respuesta en términos de

producción. En general, para todos los sectores para los cuales se presentaron choques, hay una relación directa entre la magnitud del choque y la magnitud de la respuesta en producción, tanto en dirección con magnitud, lo que se debe básicamente a que la importancia del propio sector en su demanda para consumo intermedio tiende a ser elevada. La relativa importancia de los encadenamientos productivos se manifiesta más claramente en el caso de los sectores para los cuales no se registraron choques. Para todos estos casos, con la excepción del sector administración pública y defensa que tiene encadenamientos productivos débiles con el resto de la economía, se registran disminuciones en el nivel de producción generadas como consecuencia de la caída en el consumo intermedio de los sectores que sufren choques negativos en las exportaciones.

Los cambios relativos en los niveles de empleo por sector tienen, como es de esperar, la misma dirección y aproximadamente la misma magnitud de los cambios en la producción. Su agregación genera un cambio en el empleo total de la economía equivalente a una disminución del número de empleados del orden de 0,83%, lo que se traduce en un aumento en la tasa de desempleo de 0,78 puntos porcentuales, siendo los ocupados con educación secundaria y terciaria los más afectados, al aumentar su tasa de desempleo en 0,86% en ambos casos.

Dada la naturaleza de coeficientes fijos del sistema insumo-producto, los cambios porcentuales en los niveles de empleo sectorial se transmiten uno a uno a las distintas categorías de empleo utilizadas en el modelo de micro-simulación (categoría ocupacional y nivel educativo), generando así el vector de parámetros con el cual se transmite el choque del modelo macro al modelo micro.

Los resultados del modelo de micro-simulación se reportan en la tabla 4. En ésta se presentan cuatro paneles, cada uno de ellos correspondiendo a las distintas etapas del proceso de micro-simulación. Como se

mencionó con anterioridad, la micro-simulación se hace de manera secuencial, de manera que los resultados presentados corresponden a los efectos acumulados de la secuencia. El primer paso en la secuencia tiene que ver con los cambios en el nivel de empleo total, es decir con aumentos o disminuciones en el número de trabajadores demandados, y se reportan en el primer panel de la tabla (identificados como \_U). En este caso, los choques son implementados como cambios porcentuales en el nivel empleo para cada nivel educativo.

Una vez generado el impacto de los cambios en el nivel de empleo, se calculan los efectos derivados de los cambios en el empleo a nivel sectorial, los que se implementan como cambios porcentuales en el nivel de empleo de cada uno de los sectores para cada nivel educativo. Esta secuencia equivale a un proceso en el que el individuo, primero, es afectado por los cambios en el nivel de empleo total y a continuación, provisto que el proceso de asignación aleatoria le ha dado una ocupación, éste es asignado a un sector específico de la economía. Los resultados de este segundo paso se reportan en el segundo panel de la tabla (identificados como \_S).

Habiendo sido asignado el individuo a un sector de la economía, el tercer paso en la secuencia consiste en determinar si trabaja en ese sector en condición de empleado asalariado o por cuenta propia. Una vez más, este choque es implementado como el cambio porcentual en la categoría ocupacional para cada nivel educativo y las consecuencias de esta decisión en términos de pobreza y desigualdad se reportan en el tercer panel de la tabla (identificados como \_O). Finalmente, el cuarto paso en la secuencia combina las decisiones en términos de categoría ocupacional, sector de la economía en el que se emplea el individuo y nivel educativo, generando el resultado final inducido por el choque a nivel macro. Este último resultado se reporta en el cuarto panel de la tabla (identificados como \_M). La micro-simulación se replicó 40 veces con el fin de generar intervalos de confianza para las variables de interés.

Tabla 4. Resultados de pobreza y desigualdad generados por el choque macro

Variable	Promedio	Error Estándar	Intervalo de confianza inferior	Intervalo de confianza superior
Pobreza 1 dólar_u	4,79%	0,0010041	4,78%	4,79%
Pobreza 2 dólares_u	6,40%	0,0013628	6,40%	6,41%
Pobreza moderada_u	13,62%	0,0022354	13,61%	13,62%
Pobreza extrema_u	5,94%	0,0013415	5,93%	5,94%
Gini ingreso per cápita_u	0,5496209	0,00000972	0,5496012	0,5496405
Promedio ingreso per cápita_u	1.146.828	20,98125	1.146.786	1.146.871
Gini ingreso laboral_u	0,5208957	0,00000745	0,5208806	0,5209108
Promedio ingreso laboral_u	1.522.677	30,44021	1.522.616	1.522.739
Pobreza 1 dólar_s	4,78%	0,0015186	4,78%	4,79%
Pobreza 2 dólares_s	6,41%	0,002151	6,40%	6,41%
Pobreza moderada_s	13,59%	0,0042358	13,59%	13,60%
Pobreza extrema_s	5,93%	0,0020501	5,93%	5,94%
Gini ingreso per cápita_s	0,5494876	0,0000402	0,5494063	0,549569
Promedio ingreso per cápita_s	1.147.379	111,495	1.147.154	1.147.605
Gini ingreso laboral_s	0,5209737	0,0000492	0,5208743	0,5210732
Promedio ingreso laboral_s	1.523.844	194,4073	1.523.451	1.524.237
Pobreza 1 dólar_o	4,78%	0,0015411	4,78%	4,79%
Pobreza 2 dólares_o	6,41%	0,0021616	6,40%	6,41%
Pobreza moderada_o	13,59%	0,0042923	13,58%	13,60%
Pobreza extrema_o	5,94%	0,0020103	5,93%	5,94%
Gini ingreso per cápita_o	0,5494429	0,0000447	0,5493524	0,5495333
Promedio ingreso per cápita_o	1.147.344	122,5762	1.147.096	1.147.592
Gini ingreso laboral_o	0,5209119	0,0000558	0,520799	0,5210247
Promedio ingreso laboral_o	1.523.799	213,0255	1.523.368	1.524.230
Pobreza 1 dólar_m	4,78%	0,0020107	4,78%	4,79%
Pobreza 2 dólares_m	6,40%	0,00246	6,40%	6,41%
Pobreza moderada_m	13,59%	0,0058728	13,57%	13,60%
Pobreza extrema_m	5,93%	0,0024625	5,93%	5,94%
Gini ingreso per cápita_m	0,5495057	0,0000582	0,549388	0,5496233
Promedio ingreso per cápita_m	1.148.677	179,6242	1.148.313	1.149.040
Gini ingreso laboral_m	0,5212124	0,0000725	0,5210657	0,5213591
Promedio ingreso laboral_m	1.525.983	294,1824	1.525.388	1.526.578

Fuente: cálculo de los autores; modelo de micro-simulación

Como se desprende de los valores reportados, el choque no produce, en general, cambios significativos, ni para las medidas de pobreza ni para las de desigualdad, ya que los valores observados en el escenario base tienden a encontrarse al interior de los intervalos de confianza. La excepción a este resultado está dada por la pobreza medida en términos de un ingreso de dos dólares por día, caso en el cual presenta un aumento entre uno y dos puntos básicos.

El resultado no debe sorprender por dos razones. En primer lugar, el cambio agregado en el nivel de empleo es inferior al 1% y, en segundo lugar, no hay efecto sobre los salarios. Adicionalmente, el sector con el mayor choque negativo en términos de exportaciones tiene un efecto multiplicador total inferior al promedio registrado para todos los sectores, de suerte que su influencia negativa sobre el empleo se ve atenuada en términos relativos.

## 6. Conclusiones

En este estudio estimamos el impacto de cambios en las exportaciones sobre el empleo, la pobreza y la distribución del ingreso en Bogotá utilizando un modelo macro-micro de tipo secuencial. Los resultados indican que los efectos agregados sobre el empleo generan una caída de menos del 1% en su nivel y que no se producen efectos significativos sobre la tasa de incidencia de la pobreza, medida con diferentes criterios, y la desigualdad.

El choque a las exportaciones afecta un total de seis de los 13 sectores en que se agrupó la economía de la ciudad, siendo positivo en dos de los casos (aumento en las exportaciones) y negativo en los cuatro casos restantes. En promedio, los cambios negativos son de un tamaño relativo mayor que el de los cambios positivos, y el poder multiplicador de los sectores que sufren choques es en promedio superior al de los sectores que no lo sufren. En general, el choque se puede calificar como negativo y de una magnitud moderada, lo que hace que sus efectos esperados no sean grandes.

Entre los hechos estilizados que marcan los resultados, aparte del tipo y dimensión del

choque, es pertinente mencionar los siguientes. En primer lugar, la relativamente baja exposición de la economía de la ciudad al mercado internacional, al menos por el lado de las exportaciones ya éstas representan apenas poco más del 15% de la producción; en segundo lugar, la relativamente baja participación de los sectores que sufren el choque en el total de la producción (representan poco más del 20% de ésta); en tercer lugar, la relativamente elevada importancia que tiene el consumo intermedio de productos originados al interior del mismo sector (lo que atenúa los efectos indirectos); y, en cuarto lugar, la ausencia de efectos sobre los precios (dado el tipo de modelo macro utilizado).

Pese a lo anterior, no debe perderse de vista que, desde la perspectiva sectorial, los choques son importantes y en caso de tener un carácter permanente son susceptibles de generar significativos costos de ajuste. Estos costos afectarían de manera proporcional a los individuos empleados en los sectores impactados negativamente y tendrían, en el mediano plazo, un efecto sobre la asignación de recursos de la economía y sobre la composición sectorial de su producción.

## Bibliografía

- Almeida dos Reis, J. G., & Paes de Barros, R. (1991). Wage Inequality and the Distribution of Education: A Study of the Evolution of Regional Differences in Inequality in Metropolitan Brazil. *Journal of Development Economics*, 117-143.
- Bourguignon, F., & Pereira da Silva, L. (2003). Evaluating the Poverty and Distributional Impact of Economic Policies: A Compendium of Existing Techniques. En F. Bourguignon, & L. Pereira da Silva, *The Impacts of Economic Policies on Poverty and Income Distribution. Evaluation of Techniques and Tools* (págs. 1-24). Washington: World Bank - Oxford University Press.
- Bourguignon, F., & Savard, L. (2008). A CGE Integrated Multi-Household Model with Segmented Labor Markets and Unemployment. En F. Bourguignon, L. Pereira da Silva, & M. Bussolo, *The Impact of Macroeconomic Policies on Poverty and Income Distribution: Macro-Micro Evaluation Techniques and Tools* (págs. 177-211). Houndmills: Palgrave MacMillan.
- Bourguignon, F., Bussolo, M., & Cockburn, J. (2010). Macro-Micro Analytics: Background, Motivation, Advantages and Remaining Challenges. *International Journal of Microsimulations*, 1-7.
- Bourguignon, F., Fournier, M., & Gurgand, M. (2001). Fast Development with a Stable Income Distribution. *Review of Income and Wealth*, 139-163.
- Chen, S., & Ravallion, M. (2004). Welfare Impacts of China's Accession to the World Trade Organization. *The World Bank Economic Review*, 29-57.
- Cicowiez, M., & Sánchez, M. (2010). *Using MAMS results to implement a non-parametric microsimulation methodology*. New York: DPAD/ UN-DESA.
- Cicowiez, M., & Sánchez, M. V. (2010). *Using MAMS results to implement a non-parametric microsimulation methodology*. United Nations Development Policy and Analysis Division.
- DANE. (Julio de 2014). *Bogotá D.C.: Pobreza monetaria 2013. Boletín de Prensa*. Bogotá: DANE.
- Davies, J. (2009). Combining Microsimulation with CGE and Macro Modelling for Distributional Analysis in Developing and Transition Economies. *International Journal of Microsimulation*, 49-65.
- Ganuza, E., Paes de Barros, R., & Vos, R. (2002). Labour Market Adjustment, Poverty and Inequality during Liberalization. En R. Vos, L. Taylor, & R. Paes de Barros, *Economic Liberalisation, Distribution and Poverty: Latin America in the 1990s* (págs. 54-88). Cheltenham (UK) and Northampton (US): Edward Elgar Publishers.
- Hallegatte, S. (2008). An Adaptive Regional Input-Output Model and its Application to the Assessment of the Economic Cost of Katrina. *Risk Analysis*, 779-799.
- Harding, A. (. (1996). *Microsimulation and Public Policy*. Amsterdam: North Holland Elsevier.
- Herault, N. (2010). Sequential Linking of Computable General Equilibrium and Microsimulation Models: A Comparison of Behavioural and Reweighting Techniques. *International Journal of Microsimulation*, 35-42.
- Hoover, E., & Frank Giarratani. (1999). *An Introduction to Regional Economics*. Virginia: Alfred Knopf, Inc.
- Kelly, S. (2004). *Estimating the Wealth of Australians: a New Approach Using Microsimulation*. Canberra: PhD Thesis.
- Kerschner, C., & Hubacek, K. (2008). Assessing the Suitability of Input-output Analysis for Enhancing Our Understanding of Potential Effects of Peak-Oil. *Energy*, 284-290.
- Lego, B., Gebremedhin, T., & Cushing, B. (2000). A Multi-Sector Export Base Model of Long-Run Regional Employment Growth. *Agricultural and Resource Economics Review*, 197.

- Loveridge, S. (2004). A Typology and Assessment of Multi-sector Regional Economic Impact Models. *Regional Studies*, 317.
- Orcutt, G. (2007). A New Type of Socio-Economic System. *International Journal of Microsimulation*, 3-9.
- Robilliard, A.-S., Bourguignon, F., & Robinson, S. (2008). Crisis and Income Distribution: a Micro-Macro Model for Indonesia. En F. Bourguignon, L. da Silva, & M. Bussolo, *The Impact of Macroeconomic Policies on Poverty and Income Distribution: Macro-Micro Evaluation Techniques and Tools* (págs. 112-123). London: Palgrave-MacMillan.
- Rutherford, T., Tarr, D., & Shepotylo, O. (2005). Poverty Effects of Russia's WTO Accession: Modeling "Real" Households and Endogenous Productivity Effects. *World Bank Policy Research Working Paper*. Washington, DC, USA: World Bank.
- Savard, L. (2010). Scaling Up Infrastructure Spending in the Philippines: A CGE Top-Down Bottom-Up Microsimulation Approach. *International Journal of Microsimulation*, 43-59.
- Savard, L. (2010). Scaling Up Infrastructure Spending in the Philippines: A CGE Top-Down Bottom-Up Microsimulation Approach. *International Journal of Microsimulation*, 43-59.
- Schaffer, W. (2102 (revised edition)). *Regional Impact Models*. West Virginia: Web Book of Regional Science.
- Secretaría de Desarrollo Económico. (Noviembre de 2011). Metodología de cálculo de la matriz simétrica insumo producto distrital 2007 y la matriz de multiplicadores de empleo 2007. *Cuadernos de desarrollo económico*(11).
- Soulie, J., & Elisabeth, V. (2014). Trade Effects of Specialization in Tourism: an Inter-Regional Input-Output Model of the Balearic Islands. *Tourism Economics*, 961-985.
- Vos, R., & Sanchez, M. (2010). A Non-Parametric Microsimulation Approach to Assess Changes in Inequality and Poverty. *International Journal of Microsimulation*, 8-23.
- Was, A., & Mulligan, G. (1999). Integrating Economic Base Theory with Regional Adjustment Models: The Nonmetropolitan Rocky Mountain West. *Growth and Change*, 525.

## ANEXO

A continuación se describen los ajustes realizados a las variables de la EMB 2014 para consolidar la base de datos usada en las microsimulaciones.

### Variables de ocupados

El cálculo de la variable de ingresos laborales (Labour income) implica agregar los valores de todas las entradas que hacen parte del ingreso laboral, incluidos en el módulo de fuerza laboral.

En esta variable se incluyen valoraciones de salario, horas extra, vivienda, alimentos, pagos en especie, transporte, primas, bonificaciones y subsidios laborales<sup>6</sup>.

Para calcular la variable de sector económico, es necesario definir, en primera instancia, la clasificación que se implementará. En este sentido, el presente ejercicio busca evaluar 13 sectores económicos que agrupan 59 industrias del Sistema de Cuentas Nacionales 2000 (SCN00), tal como se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Tabla correlativa de sectores económicos seleccionados y sectores del Sistema de Cuentas Nacionales 2000**

Basados en recursos naturales (1)	01	Productos de café
	02	Otros productos agrícolas
	03	Animales vivos y productos animales
	04	Productos de silvicultura, extracción de madera y act. conexas
	05	Productos de la pesca
	06	Carbón mineral
	07	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio
	08	Minerales metálicos
	09	Minerales no metálicos
Agroindustria (2)	10	Carnes y pescados
	11	Aceites y grasas animales y vegetales
	12	Productos lácteos
	13	Productos de molinería, almidones y sus productos
	14	Productos de café y trilla
	15	Azúcar y panela
	16	Cacao, chocolate y productos de confitería
	17	Productos alimenticios n.c.p.
	18	Bebidas

La tabla continúa en la siguiente página ➡

<sup>6</sup> En la sumatoria de estas variables es preciso hacer ajustes por la periodicidad reportada del ingreso y evitar la doble contabilidad en los valores agregados (ej. Horas extras incluidas en el salario mensual). En el caso de los independientes o empresarios, se tuvo en cuenta la ganancia neta o los honorarios netos. También se tienen en cuenta ingresos por trabajos secundarios.

**Tabla 5. Tabla correlativa de sectores económicos seleccionados y sectores del Sistema de Cuentas Nacionales 2000**

Industria liviana (3)	19	Productos de tabaco
	20	Hilazas e hilos; tejidos de fibras textiles, incluso afelpados
	21	Artículos textiles, excepto prendas de vestir
	22	Tejidos de punto y ganchillo; prendas de vestir
	23	Curtido y preparado de cueros, productos de cuero y calzado
	24	Productos de madera, corcho, paja y materiales trenzables
Productos básicos (4)	27	Productos de la refinación del petróleo; combustible nuclear
	28	Sustancias y productos químicos
	29	Productos de caucho y de plástico
	30	Productos minerales no metálicos
	31	Productos metalúrgicos básicos (excepto maquinaria y equipo)
Maquinaria y equipo (5)	32	Maquinaria y equipo
	33	Otra maquinaria y aparatos eléctricos
	34	Equipo de transporte
Otra industria (6)	25	Productos de papel, cartón y sus productos
	26	Edición, impresión y artículos análogos
	35	Muebles
	36	Otros bienes manufacturados n.c.p.
	37	Desperdicios y desechos
Servicios públicos (7)	38	Energía eléctrica
	39	Gas domiciliario
	40	Agua
	57	Servicios de alcantarillado y eliminación de desperdicios, saneamiento y otros servicios de protección del medio ambiente
Construcción (8)	41	Trabajos de construcción, construcción y reparación de edificaciones y servicios de arrendamiento de equipo con operario
	42	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario
Comercio (9)	43	Comercio
Servicios personales (10)	44	Servicios de reparación de automotores, de artículos personales y domésticos
	45	Servicios de hotelería y restaurante
	55	Servicios de enseñanza
	56	Servicios sociales (asistencia social) y de salud
	58	Servicios de asociaciones y esparcimiento, culturales, deportivos y otros servicios
Transporte y comunicaciones (11)	59	Servicios domésticos
	46	Servicios de transporte terrestre
	47	Servicios de transporte por vía acuática o férrea
	48	Servicios de transporte por vía aérea
	49	Servicios complementarios y auxiliares al transporte
Servicios a las empresas (12)	50	Servicios de correos y telecomunicaciones
	51	Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos
	52	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda
Administración pública y defensa (13)	53	Servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios
	54	Administración pública y defensa; dirección, administración y control del sistema de seguridad social

Las salidas de la EMB 2014, relacionan ocupados con sector económico, usando la clasificación CIU revisión 3.1 A.C.. En consecuencia, es preciso establecer una nueva correlación que asocie códigos CIU con la taxonomía definida en la tabla 2. Para ello se utilizan las tablas correlativas elaboradas por el DANE que permiten convertir códigos

CIU a códigos del SCN00. Posteriormente se realiza la conversión a 13 sectores.

Por último, la variable de categoría ocupacional se calcula relacionando salidas de la EMB 2014 con las categorías empleado/auto-empleado (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Tabla correlativa de categoría ocupacional**

Obrero(a) o empleado(a) de empresa particular	Empleado (1)
Obrero(a) o empleado(a) del gobierno	Empleado (1)
Empleado(a) doméstico(a)	Empleado (1)
Profesional independiente	Auto-empleado (2)
Trabajador(a) independiente o por cuenta propia	Auto-empleado (2)
Patrón(a) o empleador(a)	Auto-empleado (2)
Trabajador(a) de su propia finca o de finca en arriendo o aparcería	Auto-empleado (2)
Trabajador(a) familiar sin remuneración	Empleado (1)
Jornalero(a) o peón	Empleado (1)

Fuente: Autores con base en EMB 2014.

## Variables de hogares

En el caso de las variables de identificación (id) y tamaño del hogar (size), sólo se requiere imputar los mismos valores a cada uno de los individuos del hogar.

En la variable del factor de expansión (Popwt), no se tuvieron en cuenta los datos a escala de hogares, sino aquellos a nivel de individuos. Así mismo, es necesario aproximar estos factores a números enteros, para evitar problemas en la micro-simulación y renombrar la variable para que coincida con el nombre definido en el archivo prepare\_de\_test.do

El ingreso per cápita de los hogares, por su parte, se calcula a partir de la siguiente expresión<sup>7</sup>:

$$ypc = \frac{1}{n_h} \left[ \sum_{i=1}^{n_h} yp_{hi} + yq_h \right]$$

Donde:

- $n_h$  es total de miembros del hogar h
- $yp_{hi}$  es el ingreso laboral del individuo i que pertenece al hogar h
- $yq_h$  es el ingreso no laboral del hogar.

Para calcular el ingreso per cápita de los hogares ( $ypc$ ), en primer lugar, se estiman y agregan por hogar los ingresos laborales de los individuos ( $yp_{hi}$ ), en los términos definidos anteriormente. Posteriormente, se estiman los ingresos no laborales de los hogares ( $yq_h$ ) a partir de los datos de ingresos por concepto de pensiones, primas pensionales, arriendos, remesas, ayudas de otros hogares, venta de propiedades, cesantías y contribuciones para el sostenimiento de

<sup>7</sup> Ver (Cicowicz & Sánchez, 2010)

hijos menores de 18 años<sup>8</sup>. Por último, se calcula el ingreso total por hogar (laboral y no laboral) y se divide por el número de miembros del mismo<sup>9</sup>.

El ingreso del hogar ( $y_h$ ) corresponde al ingreso total del hogar imputado a cada uno de los miembros.

Para definir las líneas de pobreza y pobreza extrema, se tomaron los valores calculados por el DANE para Bogotá en 2014<sup>10</sup>, mientras que los umbrales de pobreza de dos dólares y un dólar diario se calcularon con base en el promedio de la tasa representativa de mercado de 2014<sup>11</sup>.

### Variables de todos los individuos

En el caso de la variable edad (*age*), es necesario ajustar los valores de acuerdo con la siguiente función:

$$f(age) = \begin{cases} -1, & age < 1 \\ age, & 1 \leq age \leq 98 \\ 98, & age > 98 \end{cases}$$

En la variable género (*gender*), es preciso eliminar las observaciones de la categoría “intersexual”, dado que el código no contempla este género, y consecuentemente se generan errores en la micro-simulación<sup>12</sup>.

Para la variable nivel de calificación del individuo (*skill level*), se definieron las siguientes categorías de acuerdo con el logro educativo

relacionado en cada uno de los registros de la EMB 2014:

- » Categoría 1. Primaria. Individuos cuyo nivel educativo más alto alcanzado es básica primaria o individuos que se encuentran cursando básica secundaria y media.
- » Categoría 2. Secundaria. Individuos cuyo nivel educativo más alto alcanzado es básica secundaria o media, técnica incompleta, tecnológica incompleta o universitaria incompleta, o individuos que se encuentran cursando programas técnicos, tecnológicos o universitarios.
- » Categoría 3. Técnica. Individuos cuyo nivel educativo más alto alcanzado es técnico o tecnológico.
- » Categoría 4. Superior. Individuos cuyo nivel educativo más alto alcanzado es universitario, especialización (completa o incompleta), maestría (completa o incompleta) o doctorado (completo o incompleto), o individuos que se encuentran cursando programas de especialización, maestría o doctorado.
- » Sin categoría. Individuos que no hayan alcanzado educación básica primaria, individuos que estén cursando educación preescolar o básica primaria, o individuos sin información educativa.

Para ajustar la variable de estado laboral (*Labour status*), se utilizó el siguiente árbol de decisión:

<sup>8</sup> En la construcción de la base de datos, no se tuvieron en cuenta transferencias del Gobierno a través de subsidios de vivienda, educación y salud.

<sup>9</sup> Como se mencionó en el apartado anterior, el total de miembros de cada hogar se obtiene directamente del módulo C de la EMB 2014.

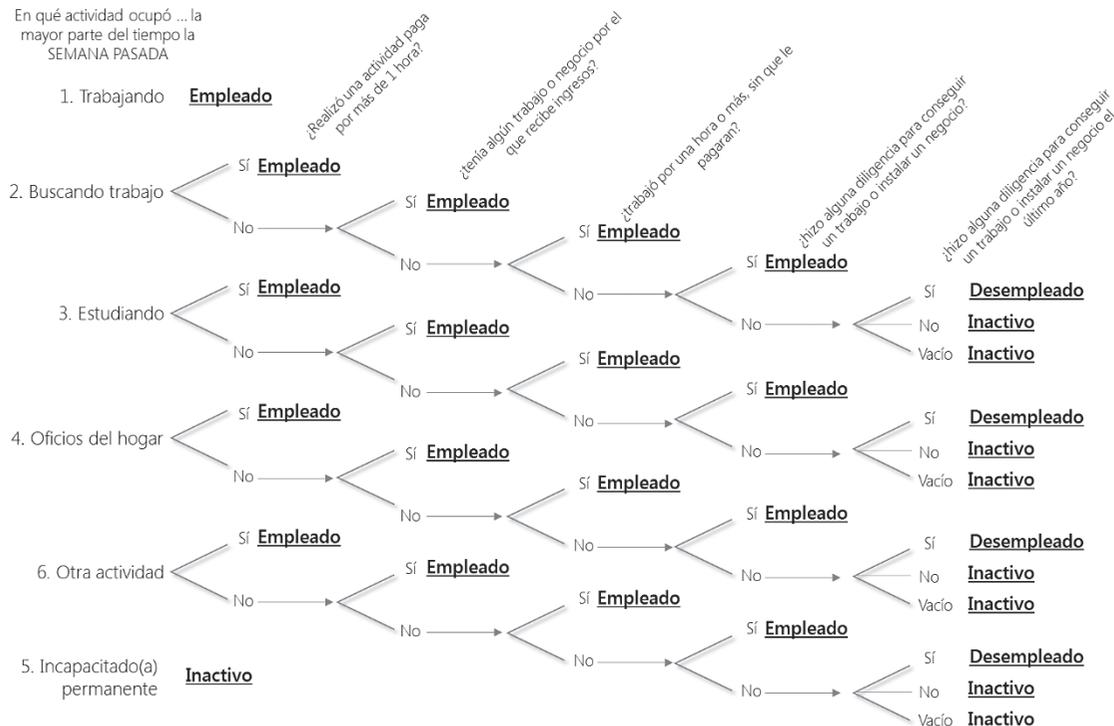
<sup>10</sup> La línea de pobreza para Bogotá en 2014 es de \$229.672 y la línea de pobreza extrema es de \$99.297. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2015)

<sup>11</sup> El cálculo se realizó con la base de datos de TRM diaria del Banco de la República. El valor promedio del dólar es de \$2.000,3

<sup>12</sup> Al respecto, se debe indicar que en la EMB 2014 sólo 31 observaciones tienen categoría “intersexual”.

## Ilustración 1. Árbol de decisión para la construcción de la variable de estado laboral

En qué actividad ocupó ... la mayor parte del tiempo la SEMANA PASADA



Fuente: adaptación de los autores para la EMB 2014.

Por último, la variable de selección de la población objeto de la micro-simulación (membership

to the microsim), se calcula dentro de la programación, con base en las variables ajustadas.

### Descripción del proceso: construcción de matriz de empleo, matrices de choque y microsimulaciones de pobreza y distribución del ingreso

Una vez se consolida una MIP para 13 sectores mediante la agregación de los 59 sectores contemplados en la MIP para Bogotá en 2007, junto con los vectores de producción y demanda final, se procede a calcular la matriz de coeficientes técnicos:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{i1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{1j} & \cdots & a_{ij} \end{bmatrix}$$

Donde cada uno de los elementos de la matriz está determinado por la siguiente expresión:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$$

Siendo:

- $x_{ij}$  el uso del producto en la producción del sector  $j$ ,
- $x_j$  el total de la producción del sector  $j$ .

Mantener el equilibrio en el sistema insumo-producto, implica cumplir con la siguiente expresión:

$$x = (I - A)^{-1}y$$

Donde:

- $x$  es el vector de producción<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> El vector de producción, en una matriz insumo-producto, incluye, además del consumo intermedio, impuestos e importaciones regionales y del resto del mundo. En el caso del Sistema de Cuentas Nacionales 2005, se deben tener en cuenta las compras directas en el exterior, así como las compras directas en el territorio nacional por no residentes.

- $(I - A)^{-1}$  es la matriz de multiplicadores del sistema insumo producto.
- $y$  es el vector de demanda final.

De otro lado, si se utilizan los microdatos que dan cuenta de las características de ocupación de la población analizada, es posible estimar coeficientes técnicos de empleo y desagregarlos por género, categoría ocupacional y nivel educativo. Dichos coeficientes son los que se usan para estimar los requerimientos de trabajo que tendrá la economía en los escenarios contrafactuales. En este caso de estudio, se determina dicha matriz desagregada por nivel de calificación y categoría ocupacional.

Para construir la matriz de coeficientes técnicos de empleo se procede a calcular, en primera instancia, el nivel de empleo observado, así como la población económicamente activa y sus componentes:

$$PEA_o = \begin{matrix} o_1 \\ \vdots \\ o_n \end{matrix} \quad PEA_d = \begin{matrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{matrix}$$

Donde:

- $PEA_o$  representa el vector columna de ocupados.
- $o_n$  es el número de trabajadores con nivel de calificación  $n$ .
- $PEA_d$  es el vector columna de desempleados.
- $d_n$  es el número de desempleados con nivel de calificación  $n$ .

La matriz de población económicamente activa  $PEA$  será la suma de las 2 matrices anteriores:

$$PEA = PEA_o + PEA_d = \begin{matrix} pea_1 \\ \vdots \\ pea_n \end{matrix}$$

Donde:

- $pea_n$  representa el número de personas con un nivel de calificación  $n$  que buscan trabajo o trabajan.

Con base en la población económicamente activa, desagregado por empleados y desempleados, es posible construir un vector de tasas de desempleo observadas por nivel de calificación:

$$U = PEA^{-1} * PEA_d$$

De manera análoga, usando los datos de la EMB 2014, se construye la matriz de empleo sectorial  $S$ :

$$S = \begin{bmatrix} t_{11} & \cdots & t_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & \cdots & t_{nm} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $t_{nm}$  es el número de trabajadores con nivel de calificación en el sector económico.

Nótese que:

$$PEA_o = \begin{matrix} o_1 \\ \vdots \\ o_n \end{matrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & + \cdots + & t_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{n1} & + \cdots + & t_{nm} \end{bmatrix}$$

De esta manera, la matriz de coeficientes técnicos de empleo  $MCE$  se obtiene de la división entre el número de empleados en cada sector de la economía y la producción total del respectivo sector. De manera matricial se puede expresar de la siguiente forma:

$$MCE = S * diagx^{-1} = \begin{bmatrix} cte_{11} & \cdots & cte_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ cte_{n1} & \cdots & cte_{nm} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $cte_{nm}$ : Es el coeficiente técnico de empleo de la masa de trabajadores con nivel de calificación  $n$  que laboran en el sector económico  $m$ .

- $diagx^{-1}$  es la inversa de la diagonalización del vector de producción.

Finalmente, la matriz  $MCE$  se desagrega por categoría ocupacional, es decir, se calculan las matrices de coeficientes técnicos de empleados  $MCE_e$  y auto-empleados  $MCE_{ae}$ . Dichas matrices se obtienen de manera análoga a la anterior:

Donde:

$$MCE_e = \begin{bmatrix} erc_{11} & \dots & erc_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ erc_{m1} & \dots & erc_{mn} \end{bmatrix} * diagx^{-1} = ERC * diagx^{-1}$$

Es el la demanda que hace el sector de empleados con nivel de calificación

-  $erc_{mn}$   
De manera análoga:  $n$ .

$$MCE_{ae} = \begin{bmatrix} aerc_{11} & \dots & aerc_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ aerc_{m1} & \dots & aerc_{mn} \end{bmatrix} * diagx^{-1} = AERC * diagx^{-1}$$

Es el la demanda que hace el sector de auto-empleados con nivel de calificación

-  $aerc_{mn}$   
Nota que se cumple:  $n$ .

$$MCE = MCE_e + MCE_{ae}$$

### Estimación de matrices de choque con base en la variación de las exportaciones de bienes entre 2013 y 2014

La introducción de choques a la demanda, dentro del sistema insumo-producto, se ve reflejada en el valor de la producción total, a partir de la siguiente expresión:

$$x_1 = (I - A)^{-1}diagy * e$$

Donde:

- $x_1$  es el vector de producción contrafactual, es decir, impactado por el choque de demanda.
- $e$  es el vector de choques de demanda.
- $diagy$  es la diagonalización<sup>14</sup> del vector de demanda final.

El vector de choques de demanda  $e$  agrega los cambios de los componentes de la demanda final, en este caso: exportaciones, consumo y formación bruta de capital fijo (inversión). Para ello, resulta necesario calcular una matriz de participación de los componentes en la demanda final  $WY$ :

$$WY = (diagy)^{-1} * CY = \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{i1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{1m} & \dots & w_{im} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $CY$  contiene el valor de los componentes de demanda final en cada sector.
- $w_{im}$  representa la participación porcentual del componente de demanda final  $i$  en el sector económico  $m$ .

El vector  $e$  sería entonces la suma de los cambios porcentuales de los componentes de demanda final ponderados por su participación  $w_{im}$ :

$$e = \begin{bmatrix} e_{11}^* * w_{11} & + \dots + & e_{i1}^* * w_{i1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{m1}^* * w_{m1} & + \dots + & e_{mi}^* * w_{mi} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $e_{mi}^*$  es el cambio porcentual observado del componente de demanda final  $i$  en el sector económico  $m$ .

<sup>14</sup> Teniendo en cuenta que la matriz de coeficientes técnicos es cuadrada, resulta necesario diagonalizar el vector de producción para que sea posible dicha multiplicación matricial.

De esta manera es posible hacer el cálculo del nuevo escenario contrafactual de producción  $x_1$ , el cual, permite calcular los nuevos requerimientos de empleo, lo que permitirá determinar las matrices de choques.

En primera instancia, la matriz de empleo sectorial contrafactual será:

$$S_1 = MCE * diagx_1$$

Donde:

- $S_1$  es la matriz de empleo sectorial contrafactual.
- $diagx_1$  es la matriz diagonalizada del vector de producción contrafactual  $x_1$ .

La matriz de choque en el empleo sectorial es la diferencia porcentual entre los elementos de  $S$  y  $S_1$ :

$$prm_s = \begin{bmatrix} \frac{t_{111}}{t_{11}} - 1 & \dots & \frac{t_{11m}}{t_{1m}} - 1 \\ t_{11} & \ddots & t_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ \frac{t_{1n1}}{t_{n1}} - 1 & \dots & \frac{t_{1nm}}{t_{nm}} - 1 \\ t_{n1} & & t_{nm} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $prm_s$  es la matriz de choque en el empleo sectorial.
- $\frac{t_{1nm}}{t_{nm}} - 1$  es la variación porcentual entre el número contrafactual y observado de trabajadores con nivel de calificación  $n$ , que laboran en el sector  $m$ .

Para el cálculo de la matriz de choques en desempleo, la suma de los elementos de las filas de la matriz  $S_1$ , son insumos para deducir los empleados por nivel de calificación en el escenario contrafactual, de esta manera:

$$PEA_{o_1} = \begin{bmatrix} t_{111} & + \dots + & t_{11m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{1n1} & + \dots + & t_{1nm} \end{bmatrix}$$

El vector de desempleo contrafactual será:

$$U_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots - diagPEA^{-1} * PEA_{o_1} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Donde:

- $\begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$  es un vector columna de filas, que representan los niveles de calificación.
- $diagPEA^{-1}$  es la matriz inversa de la diagonal del vector  $PEA$ .
- $PEA_{o_1}$  es el vector de ocupados contrafactual.

La matriz de choque en desempleo  $prm_u$  será  $prm_u = U_1 - U$

Procede el cálculo de la matriz de cambios en la demanda de empleados y auto-empleados por nivel de calificación que hace cada sector de la economía.

Para ello, se calcula el número de empleados y auto-empleados que demandará cada sector luego del choque, los cuales se obtienen de la siguiente forma:

$$ERC_1 = MCE_e * diagx_1$$

$$AERC_1 = MCE_{ae} * diagx_1$$

La diferencia porcentual entre los empleados o auto-empleados contrafactuales, contra sus respectivas cifras observadas, son los elementos que componen la matriz que requiere la micro-simulación:

$$EM = \begin{bmatrix} \frac{erc_{111}}{erc_{11}} - 1 & \dots & \frac{erc_{11n}}{erc_{1n}} - 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{erc_{1m1}}{erc_{m1}} - 1 & \dots & \frac{erc_{1mn}}{erc_{mn}} - 1 \end{bmatrix}$$

Donde:

- $\frac{erc_{1mn}}{erc_{mn}} - 1 = em_{mn}$  representa la variación porcentual de la demanda que hace el sector económico  $m$  de empleados con nivel de calificación  $n$ .

$$AEM = \begin{bmatrix} \frac{aerc_{111}}{aerc_{11}} - 1 & \dots & \frac{aerc_{11n}}{aerc_{1n}} - 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{aerc_{1m1}}{aerc_{m1}} - 1 & \dots & \frac{aerc_{1mn}}{aerc_{mn}} - 1 \end{bmatrix}$$

De manera análoga:

- $\frac{aerc_{1mn}}{aerc_{mn}} - 1 = aem_{mn}$  representa la variación porcentual de la demanda que hace el sector económico  $m$  de auto-empleados con nivel de calificación  $n$ .

Al intercalar las filas de las matrices  $EM$  y  $AEM$  se obtiene la matriz de cambios en la demanda de empleados y auto-empleados que hacen los sectores en la economía  $prm_m$ :

$$prm_m = \begin{bmatrix} em_{11} & \dots & em_{1n} \\ aem_{11} & & aem_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ em_{m1} & & em_{mn} \\ aem_{m1} & \dots & aem_{mn} \end{bmatrix}$$

Finalmente, procede el cálculo de la matriz de cambio de ocupación por categoría y nivel de calificación.

En primera instancia se calculan los empleados y auto-empleados por nivel de calificación con la información de la encuesta, este va a ser el escenario observado:

$$TC = \begin{bmatrix} oc_{11} & \dots & oc_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ oc_{n1} & \dots & oc_{nj} \end{bmatrix}$$

Donde:

- $oc_{nj} = tc_{nj}$  es el número de ocupados con calificación que reportan la categoría ocupacional  $j$ . En este caso  $j = 1$ , representa empleados, mientras que  $j = 2$ , representa a los auto-empleados.

El número contrafactual de trabajadores por categoría y nivel de calificación se obtendrá de la agregación de las matrices  $ERC_1$  y  $AERC_1$  de la siguiente manera:

$$Oc_1^* = \begin{bmatrix} erc_{111} + \dots + erc_{11n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ erc_{m1} + \dots + erc_{1mn} \end{bmatrix}$$

$$Oc_2^* = \begin{bmatrix} aerc_{111} + \dots + aerc_{11n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ aerc_{m1} + \dots + aerc_{1mn} \end{bmatrix}$$

La unión de los vectores  $Oc_1^*$  y  $Oc_2^*$  dará como resultado la matriz de contrafactual de trabajadores  $TC_1$ :

$$TC_1 = \begin{bmatrix} oc_{11}^* & \dots & oc_{21}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ oc_{1n}^* & \dots & oc_{2n}^* \end{bmatrix}$$

De esta manera la matriz  $prm_o$  estará definida por:

$$prm_o = \begin{bmatrix} \frac{tc_{111}}{tc_{11}} - 1 & \dots & \frac{tc_{112}}{tc_{12}} - 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{tc_{1n1}}{tc_{n1}} - 1 & \dots & \frac{tc_{1n2}}{tc_{n2}} - 1 \end{bmatrix}$$

Donde:

- $\frac{tc_{1n2}}{tc_{n2}} - 1$  representa la variación porcentual del número de trabajadores con nivel de calificación y categoría ocupacional 2.

## Micro-simulación de los niveles de pobreza y distribución del ingreso a partir del choque de demanda

El proceso de micro-simulación desarrollado en este ejercicio hace una aproximación de arriba hacia abajo. Es decir, a partir de los coeficientes técnicos de empleo calculados con base en la MIP y la EMB 2014, se simulan cambios en la condición de ocupación de los individuos, en sus ingresos y en su categoría laboral, derivados de choques de demanda. Esto implica la no retroalimentación entre los cambios de las variables agregadas y la estructura económica representada en la MIP (Cicowiez & Sánchez, 2010).

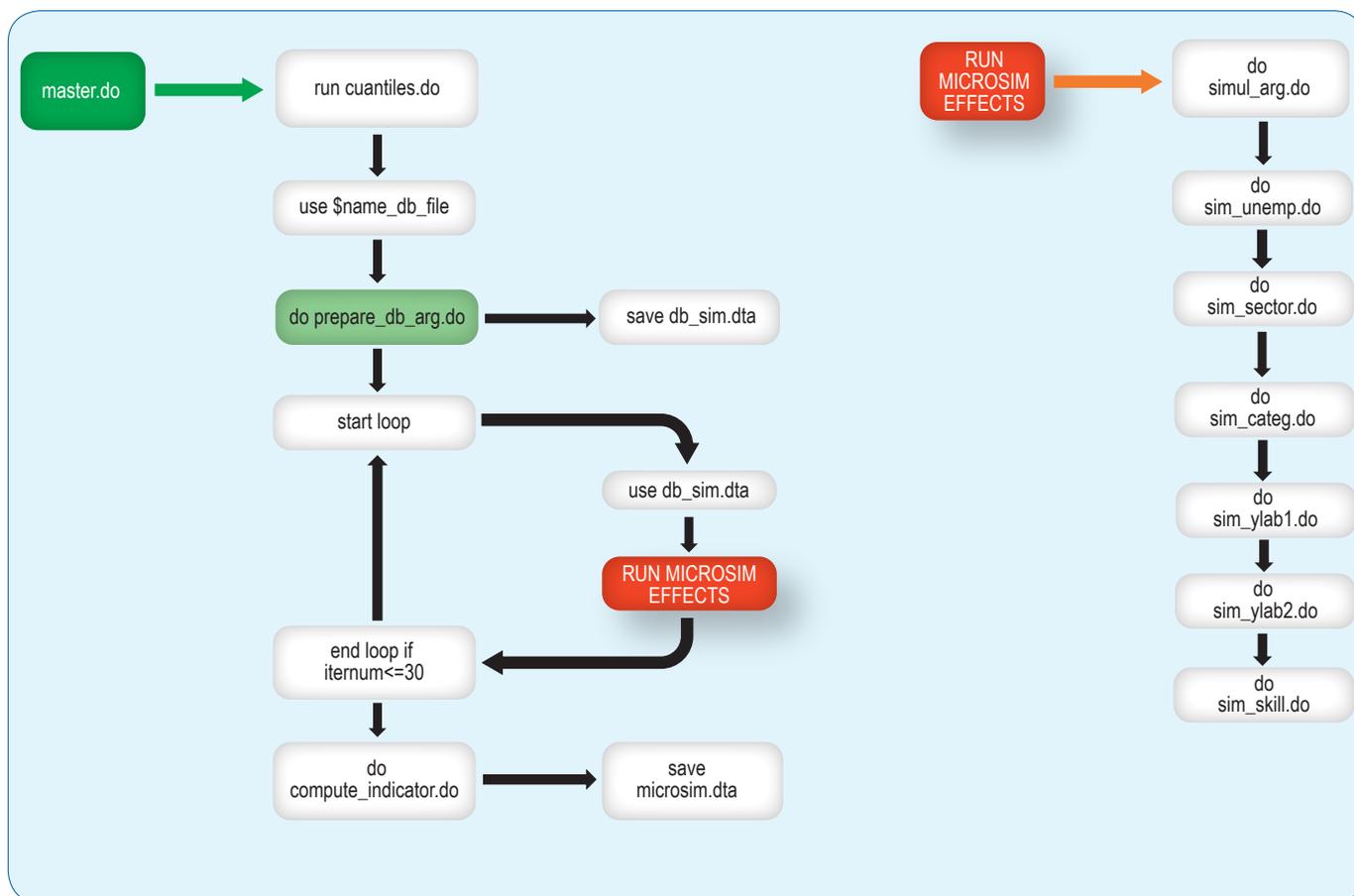
De esta manera, en este modelo, el choque de demanda final en la estructura económica

bogotana impacta las variables laborales de los individuos, así como el sector económico al que están vinculados los trabajadores, lo cual permite, posteriormente, identificar cambios en el nivel de ingresos, los índices de pobreza y distribución de los ingresos.

En otras palabras, en el análisis adelantado, el mercado laboral es el mecanismo transmisor del choque de demanda final en los niveles de ingreso de los individuos. Las microsimulaciones, entonces, cambian de manera aleatoria las condiciones laborales de los individuos en función de los impactos calculados en desempleo y estructura laboral sectorial.

El esquema de micro-simulación en la programación realizada por UNDESA se rige por el esquema observado en la gráfica 9:

Gráfica 9. Flujograma del programa de micro-simulación original



Fuente: (Cicowiez & Sánchez, 2010) Adaptado por los autores.

Dicho programa calcula en primera instancia unos cuantiles mediante el archivo *cuantiles.do*. Luego, usando la base de datos definida en *\$name\_db\_file*, hace ajustes en la base de datos usando el archivo *prepare\_db\_arg.do* y posteriormente se guarda la base de datos objeto de simulación en un archivo denominado *db\_sim.dta*.

Luego de haber guardado la base de datos en *db\_sim.dta* se inicia un bucle, con tantas iteraciones como se hayan definido en *iternum* en el archivo *master.do*. El proceso iterativo es el corre los efectos de las microsimulaciones, lo cual se denomina subproceso *RUN MICROSIM EFFECTS*.

Otro criterio que se debe definir dentro de la programación es el tipo de micro-simulación que se desea correr. Con la opción individual, se simulan los efectos de las cuatro matrices de choque de manera individual, mientras que con la simulación acumulada los efectos de los choques están encadenados<sup>15</sup>. En el presente ejercicio, se utilizó la micro-simulación acumulada.

Este subproceso se calcula tantas veces como iteraciones se hayan definido. Inicia imputando de manera manual en el archivo *simul\_arg.do* las matrices de choque en desempleo, empleo sectorial, categoría ocupacional, ingresos y calificación. Al haber introducido tales matrices, se procede a calcular los efectos simulados en desempleo *sim\_unemp.do*, empleo sectorial *sim\_sector.do*, categoría ocupacional *sim\_categoria.do*, ingreso laboral *sim\_ylab1.do*, ingreso no laboral *sim\_ylab2.do* y calificación *sim\_skill.do*.

Al determinar los efectos del choque, se calculan los indicadores de ingreso, pobreza y desigual

dad con el archivo *compute\_indicator.do*, y se salvan los resultados en el archivo *microsim.dta*.

En el caso de Bogotá (Véase el gráfico 1), la estructura de datos de la EMB 2014 y MIP –tal como se mencionó anteriormente–, se hacen necesarias modificaciones en los archivos de preparación de la base de datos y cálculo de choques, así como de la estructura de programación y el número de iteraciones.

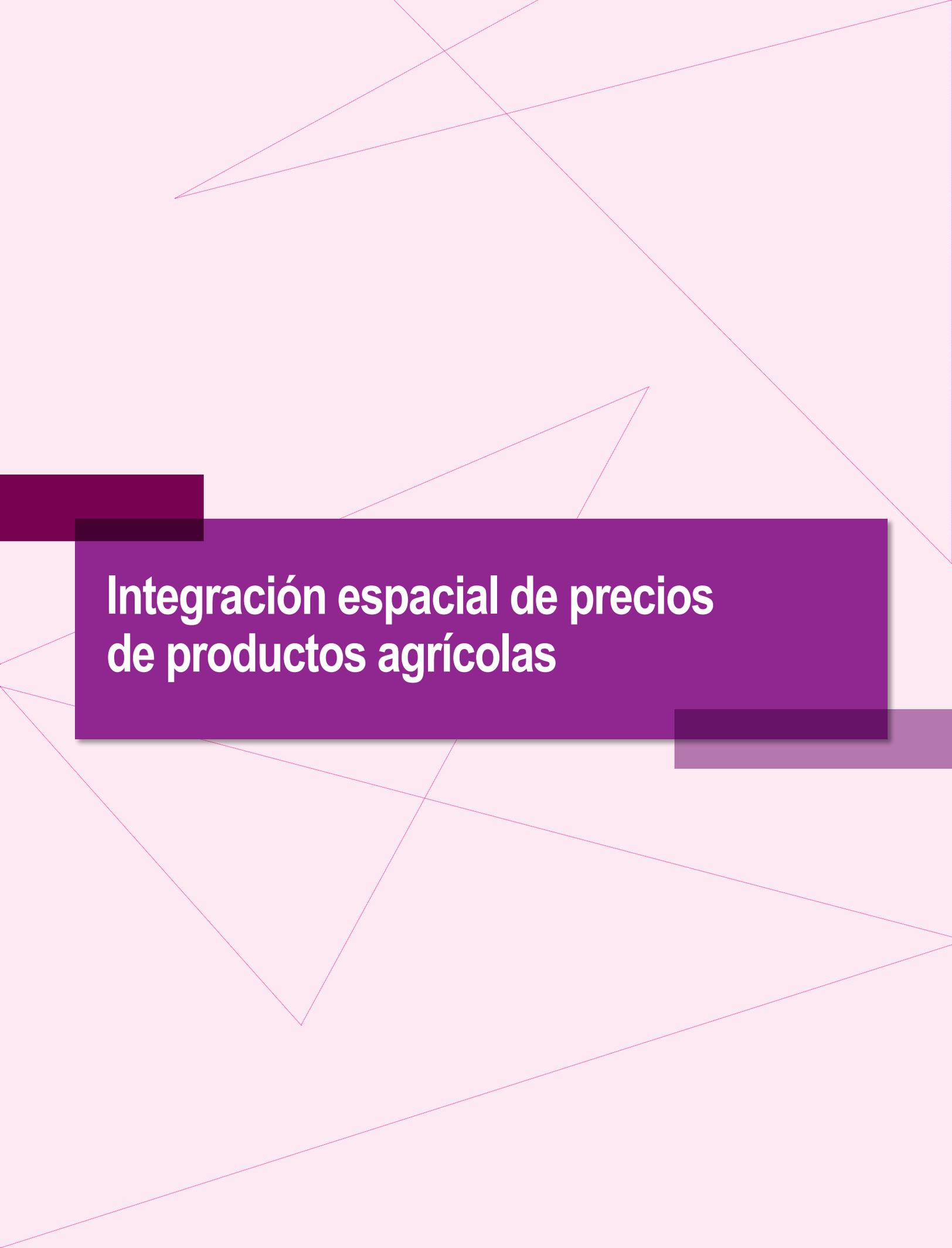
Por otro lado, dado que las matrices de choques en las tasas de desempleo, categorías ocupacionales y niveles de calificación se calculan a partir de los escenarios observado y contrafactual, derivados de la MIP, se hace necesario suprimir el código *simul\_arg.do*, en el subproceso de los efectos de las microsimulaciones. Dicho código se reemplaza agregando un archivo de programación denominado *prepare\_shock.do*, que se agrega luego del cálculo de deciles (*cuantiles.do*).

Lo anterior implica cambiar la estructura de programación de las microsimulaciones, ya que se reemplaza la rutina *simul\_arg.do*, por la *prepare\_shock.do* en el subproceso *RUN MICROSIM EFFECTS* del *master.do*. Al respecto, debe notarse que, con la nueva rutina, se facilita la generación de choques de distinta naturaleza, para un esquema productivo de 13 sectores económicos sin necesidad de modificar el imputar manualmente los datos en las matrices, tal como sucede con la rutina *simul\_arg.do*.

Una vez incluidos los cambios mencionados anteriormente, se procede a ejecutar el *master.do* para generar los indicadores de pobreza y distribución del ingreso, con sus respectivos intervalos de confianza.

<sup>15</sup> Esto quiere decir que las salidas de la micro-simulación resultante de la primera matriz de choque se constituyen en el escenario inicial de la micro-simulación realizada con base en la segunda matriz, y así, sucesivamente.





# Integración espacial de precios de productos agrícolas



# Integración espacial de precios de productos agrícolas

## Resumen

Este trabajo ilustra el papel que juega la distancia, como variable proxy de los costos de transporte, como factor que puede fomentar o limitar la integración de mercados. En efecto, los resultados que se presentan confirman estadísticamente que la separación geográfica (o distancia) entre locaciones ayuda a explicar la magnitud de los diferenciales de precios, así como su velocidad de ajuste. Más específicamente, se encuentra que la distancia afecta positivamente la magnitud absoluta de los diferenciales de precios, y negativamente su velocidad de ajuste. Desde el punto de vista de política económica, estos resultados confirman el efecto potencial que una reducción en los costos de transporte, por ejemplo, lograda a través de mejoras en infraestructura, podría tener sobre la integración espacial de mercados en la medida en que las oportunidades de ganancias (pérdidas) extraordinarias se reduzcan.

Jesús Otero<sup>1</sup>  
Facultad de Economía  
Universidad del Rosario  
Bogotá, Colombia

---

<sup>1</sup> El autor desea agradecer a Giordann Borda, Diego Fernando Buitrago y Ana Katherine Rivera por su labor como asistentes de investigación. También se agradece a Ricardo Arguello, Ana María Iregui y Héctor Zárate por sus comentarios y sugerencias. Las opiniones expresadas en el documento son responsabilidad del autor.



# 1. INTRODUCCIÓN

Desde los escritos clásicos Cournot (1838) y Marshall (1920), la pregunta de si el precio de un producto en lugares distintos es el mismo, después de tener en cuenta costos de transporte, impuestos, y otras barreras al comercio, ha recibido bastante atención en la literatura<sup>1</sup>. Esto se debe a que el concepto de integración espacial permite definir la extensión de un mercado, es decir, el área dentro de la cual la interacción de productores y consumidores determina el precio de un producto. En un mercado que funcione de manera adecuada, la competencia garantiza que cambios en el precio de un producto en un lugar específico se propaguen a otros lugares dentro del mercado, de forma tal que productores y consumidores aprovechen las oportunidades de arbitraje que surjan<sup>2</sup>.

El objetivo de este artículo es el de contrastar de una manera empírica rigurosa si la separación geográfica (o distancia) entre locaciones constituye un factor que puede ayudar a explicar los diferenciales existentes de precios, así como su velocidad de ajuste. Específicamente, las hipótesis de interés son dos: La primera postula que, para un producto dado, la magnitud absoluta de la diferencia de precios en dos lugares debe estar relacionada positivamente con la distancia que los separa. La segunda indica que, en la medida en que exista una mayor distancia entre dos lugares, mayor será el tiempo que le toma a los precios relativos cambiar para corregir desequilibrios y, por consiguiente, más lenta será su velocidad de ajuste. En ambos casos, la separación geográfica o distancia entre locaciones es utilizada como variable *proxy* de los costos de transporte.

Para contrastar estas dos hipótesis se va a utilizar información semanal de precios de productos agrícolas que se comercian en diferentes mercados mayoristas en el territorio nacional. Esta información, cuya fuente es el Sistema de

Información de Precios del Sector Agropecuario (SIPSA) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), corresponde a precios de productos específicos; es decir, a diferencia de otros estudios disponibles, no se trata de índices de precios. Por consiguiente, se evitan, o al menos se minimizan, las dificultades que pueden surgir cuando se efectúan comparaciones de canastas heterogéneas de productos, o cuando se agregan mercados disímiles (incluso al interior de una misma ciudad). De igual forma, la periodicidad semanal de la información permite caracterizar de una mejor manera el comportamiento dinámico de las series de precios.

La metodología econométrica que se va a emplear utiliza herramientas del análisis de datos de series de tiempo, así como del análisis de datos de corte transversal. El análisis de series de tiempo, basado en Pesaran (2007), requiere calcular para cada producto todos los posibles diferenciales de precios con el fin de determinar cuáles de estos se caracterizan por tener una media y una varianza que no cambian en el tiempo, es decir, aquellos que son estacionarios. La ventaja de calcular todos los diferenciales de precios es que se evita tener que escoger un precio de referencia, pues esta selección puede ser, en algunos casos, arbitraria. Una vez se determinan estadísticamente los diferenciales de precios que son estacionarios, se procede a estimar, en un contexto de corte transversal, un modelo de regresión con el propósito de determinar si el diferencial de precios promedio existente entre cada pareja de mercados puede ser explicado por la distancia entre éstos (donde ésta última variable puede ser medida en kilómetros).

Se espera que los resultados del trabajo ofrezcan información acerca del papel de la distancia y, por consiguiente, de los costos de transporte, como factor que favorece (o restringe) la integración de mercados.

El documento se encuentra organizado de la siguiente forma: La sección 2 presenta una breve revisión del marco teórico del trabajo, haciendo

<sup>1</sup> Ver, por ejemplo, Stigler (1949), Stigler y Sherwin (1985) y Fackler y Goodwin (2001).

<sup>2</sup> Ver, por ejemplo, Barrett (2008).

énfasis en una presentación gráfica que tiene por objeto exponer las hipótesis de interés de manera intuitiva. La sección 3 se dedica a la revisión de la literatura. La sección 4 describe la información de precios que se utiliza. La sección 5 presenta los resultados del análisis econométrico de la información contenida en las series de precios.

La sección 6 presenta los resultados del análisis de la relación existente entre la magnitud de los diferenciales de precios y la distancia entre los mercados (hipótesis 1), mientras que en la sección 7 se hace lo mismo para la velocidad de ajuste de los diferenciales de precios (hipótesis 2). Por último, en la sección 8 se presentan las conclusiones.

## 2. Marco teórico

En términos generales, se puede argumentar que la aproximación empírica que se ha adoptado en la literatura de integración espacial se resume en el contraste estadístico de las dos hipótesis que se postularon en la Introducción. El aspecto que distingue la estrategia de modelamiento econométrico que se va a utilizar en este trabajo, es que se considera de manera explícita si la separación geográfica o distancia entre locaciones, utilizada como variable proxy de los costos de transporte, es un factor que puede ayudar a explicar la magnitud observada de los diferenciales de precios, así como la velocidad a la que éstos cambian.<sup>3</sup>

Las dos hipótesis de interés se pueden ilustrar de manera intuitiva de la siguiente forma. Supongamos, para comenzar, que contamos con información histórica del precio de un producto en tres lugares distintos, que denotamos como P1, P2 y P3 (ver Figura 1). Si comparamos en gráficos de dispersión los precios observados en los mercados 2 y 3 con aquellos en el mercado 1, obtenemos la Figura 2. En esta figura, cada punto representa una combinación de precios observada en un momento de tiempo determinado. En el gráfico de la izquierda se comparan los precios del mercado 2 con los del mercado 1, mientras que en el de la derecha los del mercado 3 con los del 1. En cada uno de los gráficos se presentan, además, líneas de 45° que tienen el propósito de ilustrar los puntos donde los precios en los dos mercados son iguales en un momento determinado o, en otras palabras, la línea de equilibrio de precios.

La Figura 2 muestra cómo la línea de equilibrio de precios constituye una línea de atracción alrededor de la cual los precios están fluctuando. En el corto plazo, es posible localizarse en un punto por encima o por debajo de la línea de equilibrio. Sin embargo, en el largo plazo las fuerzas del mercado harán que los desequilibrios se corrijan, o desaparezcan, pues de lo contrario se estaría incurriendo en ganancias (o pérdidas) de manera sistemática. Por ejemplo, si el precio en el mercado 1 es mayor al precio en el mercado 2, será más rentable adquirir el bien en el segundo mercado, es decir, ocurrirá un desplazamiento de la demanda del mercado 2 al 1 (o, alternativamente, también puede pensarse que ocurrirá un desplazamiento de la oferta del mercado 1 al 2, pues será más rentable vender en este último). Estas fuerzas de mercado constituyen el mecanismo a través del cual los desequilibrios tienden a desaparecer o corregirse en el largo plazo.

Supongamos ahora que tenemos dos situaciones de desequilibrio representadas, de manera exagerada, por el punto (a) en el gráfico de la izquierda, y por el punto (b) en el gráfico de la derecha. En términos de la Figura 2, la primera hipótesis estadística de interés simplemente busca contrastar si las distancias que existen entre los puntos (a) y (b) con respecto a la línea de equilibrio están relacionadas positivamente con las distancias geográficas entre los mercados respectivos. Por su parte, la segunda hipótesis busca determinar si el tiempo que les toma a los puntos (a) y (b) llegar a la línea de equilibrio, está relacionada con las distancias geográficas entre los mercados.

<sup>3</sup>Fackler y Goodwin (2001) señalan que, a pesar de que los costos de transporte constituyen el principal factor que afecta la validez de las pruebas empíricas de integración espacial, la mayoría de los autores no contemplan esta variable debido a la dificultad de medición. Además, Fackler y Goodwin mencionan que, incluso en el caso de contar con información de costos de transporte, es difícil que ésta incluya aspectos intangibles como, por ejemplo, primas de riesgo y costos de negociación, entre otros.

### 3. Revisión bibliográfica

Aunque la integración espacial de mercados es un tema que ha sido estudiado por un gran número de autores, Fackler y Goodwin (2001), por ejemplo, presentan una revisión bibliográfica de más de 60 trabajos enfocados en productos agrícolas, no muchos han considerado explícitamente el posible papel que juega la separación geográfica de los mercados como variable que puede explicar la magnitud de los diferenciales de precios o su velocidad de ajuste. Dentro de los estudios que han considerado la distancia entre mercados, Engel y Rogers (1996), utilizando información del índice de precios al consumidor para 14 categorías de productos en 23 ciudades en América del Norte (14 en Estados Unidos y 9 en Canadá) entre junio de 1978 y diciembre de 1994, encuentran que la distancia entre ciudades y la existencia de una frontera en los Estados Unidos y Canadá son factores importantes que determinan la variabilidad de los precios relativos. Parsley y Wei (1996) efectúan un análisis de precios a un nivel más desagregado utilizando información recogida por la Asociación Americana de Investigadores de Cámaras de Comercio (ACCRA, por su sigla en idioma inglés). Esta información comprende series de precios de 51 bienes y servicios transables y no transables en 48 ciudades de los Estados Unidos durante el período comprendido entre enero de 1975 y abril de 1992. Parsley y Wei estiman una versión de la (posteriormente conocida) prueba de raíz unitaria en panel de Levin, Lin y Chu (2002), que incluye la distancia como variable explicatoria adicional, la cual resulta estadísticamente significativa.

En un trabajo posterior, Parsley y Wei (2001) ensamblan un panel conformado por series de precios de 27 productos transados en 96 ciudades de los Estados Unidos y Japón durante el primer trimestre de 1976 y el cuarto trimestre de 1997. Los resultados de estos autores indican que la distribución de los precios relativos tiende a ser menos volátil al interior de cada país, que entre ellos. Análisis similares fueron efectuados por Esaka (2003), utilizando precios de ciudades en Japón, y por Baba (2007), para Japón y Korea del Sur.

Para el caso de Colombia, Ramírez (1999) examina la hipótesis de que el desarrollo de la infraestructura en el país disminuye los costos de transporte, y por ende la variabilidad de los precios entre regiones. Utilizando información anual de series de precios de 8 productos agrícolas en 12 ciudades durante el período comprendido entre 1928 y 1990, Ramírez encuentra que la dispersión de precios disminuyó considerablemente durante la década que comenzó en 1930, pero que dicha disminución se detuvo en décadas posteriores debido al lento avance en la construcción de nueva infraestructura en el país. Barón (2004) utiliza pruebas de raíz unitaria en las series del índice de precios al consumidor de alimentos y vivienda en 7 ciudades colombianas, encontrando evidencia de integración en el mercado de alimentos, pero no en el de vivienda. Este resultado puede ser justificado en la medida en que la primera categoría de productos está conformada principalmente por bienes transables, mientras que la segunda está conformada principalmente por bienes no transables. Iregui y Otero (2011) utilizan la prueba de estacionariedad en panel de Hadri (2000) en las series de precios de 54 productos del índice de precios al consumidor en 13 ciudades colombianas, desde enero de 1999 y diciembre de 2007. Estos autores encuentran que la velocidad de ajuste de los precios relativos tiende a estar relacionada al tipo de producto que se está analizando, en particular a si éste es perecedero o no.

El papel de la distancia entre mercados en Colombia fue considerado explícitamente por Iregui y Otero (2013) utilizando información del SIPSA. En este trabajo se analizan las series de precios de 18 productos agrícolas comercializados en mercados mayoristas localizados en todo el territorio nacional. Una característica del trabajo de Iregui y Otero (2013) es que la información de precios es de frecuencia semanal, durante el período de tiempo comprendido entre el 4 de enero de 2002 y el 18 de marzo de 2011. Los resultados obtenidos indican que la distancia ejerce un efecto positivo sobre la vida media de los choques a los precios relativos; en otras palabras, se confirma la hipótesis que en la medida

en que haya más distancia entre mercados, más tardan los choques en desaparecer, es decir más lenta la velocidad de ajuste.

En comparación con el trabajo de Iregui y Otero (2013), los resultados que se presentan a continuación se distinguen por dos aspectos principales. El primero está relacionado con la base de datos utilizada en la medida que el

número de productos que se estudia es mayor y el período de análisis más reciente. El segundo es que, a diferencia de Iregui y Otero (2013), en el trabajo que se presenta a continuación el análisis es más completo en la medida en que no solamente se estudian los determinantes de la velocidad de ajuste de los precios, sino también los factores que explican la magnitud (en valor absoluto) de los diferenciales.

## 4. Datos

En su versión original, los datos, obtenidos del SIPSA, corresponden a observaciones semanales de precios de 140 productos agrícolas (clasificados en carnes, frutas, granos y cereales, lácteos y huevos, procesados, tubérculos y plátanos, y verduras y hortalizas) transados en 40 mercados esparcidos por todo el territorio nacional. El período de tiempo que se analiza comienza en la semana 25 de 2012 y termina en la semana 3 de 2015, para un total de  $T = 135$  observaciones temporales. Sin embargo, teniendo en cuenta que existen productos que no se transan en todos los mercados, además de que hay semanas para las cuales tampoco se dispone de la información de precios, fue necesario reducir el número de observaciones faltantes a un “mínimo” que fuera aceptable. Para hacer esto se tomó la decisión de que, para un producto típico en un mercado típico la serie de precios correspondiente iba a ser incluida en el análisis únicamente si el número de observaciones faltantes era inferior a 3, número equivalente al

2% del total de observaciones del período muestral. Para aquellos productos y mercados que tenían un porcentaje de observaciones faltantes del 2%, o menos, se utilizó un procedimiento de interpolación lineal para obtener la información faltante.

Después de filtrar la base de datos de acuerdo con los criterios antes mencionados, la base de datos que queda disponible para el análisis empírico incluye 101 productos y 36 ciudades. Una descripción más detallada de las combinaciones producto–mercado que se van a utilizar se encuentra en los cuadros que conforman el Anexo 1. Por último, todas las series de precios se encuentran medidas en pesos colombianos (por unidad de medida del producto), y para efectos del análisis econométrico que sigue se van a utilizar después de aplicar la transformación logarítmica. La ventaja de utilizar los precios en logaritmos es que los diferenciales resultantes van a estar expresados en términos porcentuales.

## 5. Análisis econométrico

El análisis econométrico comienza investigando si las innovaciones (o choques) que afectan los precios de un producto en diferentes mercados son independientes entre sí. La justificación económica para esto es determinar si las series de precios pueden ser estudiadas de forma individual (en caso que exista independencia) o de manera conjunta (en caso que no exista independencia). Para hacer esto, efectuamos la prueba de independencia en paneles de Pesaran (2004), que resulta en el denominado estadístico CD. Simulaciones de Montecarlo efectuadas por Pesaran indican que el estadístico CD es lo suficientemente robusto como para poder ser utilizado en una amplia gama de situaciones, como por ejemplo aquellas en las que se sospecha que las series de tiempo que se están analizando se caracterizan por la presencia de raíces unitarias, o por haber sufrido cambios estructurales.

El procedimiento para calcular el estadístico CD es el siguiente. Primero, para eliminar la presencia de correlación serial, se estima por mínimos cuadrados ordinarios una regresión aumentada de Dickey y Fuller (1979) del tipo:

$$\Delta p_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 p_{i,t-1} + \sum_{j=1}^q \delta_j \Delta p_{i,t-j} + \hat{e}_{it}, \quad (1)$$

donde  $p_{it}$  es el precio de un producto en el mercado  $i$  en el momento  $t$ ,  $\Delta$  es el operador de primera diferencia,  $q$  es el número de retardos de la variable dependiente que se incluyen (el cual puede ser determinado, por ejemplo, utilizando un criterio de información estadística) y  $\hat{e}_{it}$  son los residuos. Segundo, se estima el coeficiente de correlación entre los residuos de las series  $p_{it}$  y  $p_{jt}$  utilizando la fórmula:

$$\hat{\rho}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T \hat{e}_{it} \hat{e}_{jt}}{\left(\sum_{t=1}^T \hat{e}_{it}^2\right)^{1/2} \left(\sum_{t=1}^T \hat{e}_{jt}^2\right)^{1/2}}. \quad (2)$$

Por último, se calcula el estadístico CD como:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left( \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right): N(0,1). \quad (3)$$

La tercera y cuarta columnas del Cuadro 1 presentan respectivamente los resultados de calcular el estadístico CD para cada uno de los productos que se están analizando, junto con el valor de la probabilidad ( $p$ -valor) asociado a cada estadístico, éste último basado en la distribución normal estándar. En cada caso, el estadístico CD fue calculado incluyendo  $q = 6$  retardos de la variable dependiente en el ecuación aunque, en términos generales, los resultados de la prueba estadística son cualitativamente similares cuando se utiliza  $q = 3, 4, 5$  retardos. Como se puede observar en los resultados, la hipótesis nula de que las innovaciones  $\hat{e}_{it}$  que afectan los precios de un producto en diferentes mercados son independientes entre sí es claramente rechazada a un nivel de significancia estadística del 5% en la gran mayoría de los casos, más específicamente en 85 de los 101 productos en consideración. Estos resultados apoyan la existencia de correlación en los precios de un mismo producto en diferentes localizaciones geográficas.

Una vez confirmada la existencia de correlación contemporánea entre las series de precios de los diferentes productos, pasamos a estudiar sus propiedades de series de tiempo con el fin de determinar si las series de precios se caracterizan por tener media y varianza constante o, más formalmente, por ser estacionarios en sentido débil. Para el análisis econométrico que se presenta a continuación las series de precios de cada uno de los productos se consideran de manera conjunta como datos de panel, pues precisamente los resultados del estadístico CD sugieren que no es apropiado estudiar cada serie de precios de manera independiente de las demás, sino más bien de manera conjunta.

Para determinar si las series de precios de cada producto son (o no) estacionarias se utiliza la prueba de Hadri (2000). Este

autor propone una prueba estadística en el contexto de datos de panel en la que, bajo la hipótesis nula, se postula que todas las series (de precios de un producto) son estacionarias alrededor de una media constante, contra la hipótesis alterna de que algunas de las series en el panel no son estacionarias. Además, para evitar distorsiones en el nivel de significancia (o error estadístico tipo I) de la prueba debido a la presencia de correlación serial y dependencia contemporánea, se efectúa un procedimiento de muestreo con reemplazo (o *bootstrap*, en idioma inglés). El Anexo 2, al final del documento, describe con algún detalle la construcción del estadístico de Hadri para cada producto, así como el mecanismo utilizado para desarrollar el procedimiento de muestreo con reemplazo con el fin de tener en cuenta la presencia de correlación serial y dependencia contemporánea.

Los resultados de la prueba de estacionariedad en panel de Hadri se presentan en las dos últimas columnas del Cuadro 1. En los 16 casos en que el estadístico *CD* de Pesaran no rechaza la hipótesis nula de independencia (a un nivel de significancia estadística del 5%), el *p*-valor de la prueba de Hadri que se reporta en el cuadro está basado en la distribución normal estándar. Para los 85 productos restantes, el *p*-valor de la prueba de Hadri está basado en el procedimiento tipo *bootstrap* descrito en el párrafo anterior. Los resultados indican que, para 73 de los 101 productos que se están considerando, la hipótesis nula de estacionariedad conjunta no se rechaza a un nivel de significancia estadística del 5% (es decir, el *p*-valor de la prueba de Hadri es mayor a 0.05). Este resultado significa que la medida y la varianza de los precios de estos 73 productos pueden ser tratadas como constantes durante el período de análisis.

## 6. Diferenciales de precios y distancia

En esta sección examinamos si la separación geográfica entre mercados es un factor que ayuda a explicar la magnitud (en valor absoluto) de los diferenciales de precios. El ejercicio de modelamiento econométrico está basado en una metodología de emparejamiento propuesta originalmente por Pesaran (2007) para el análisis de convergencia de países<sup>4</sup>. Adaptando esta metodología a nuestro propósito de analizar la integración de mercados, comenzamos calculando, para cada producto, todos los posibles diferenciales de precios que se pueden construir. Formalmente, definimos  $p_{it}^k$  y  $p_{jt}^k$  respectivamente como los precios del producto  $k$  en los mercados  $i$  y  $j$  en el momento  $t$ , y a partir de éstos calculamos el diferencial de precios como  $p_{ijt}^k = p_{it}^k - p_{jt}^k$ , donde  $i = 1, \dots, N-1$ ,  $j = i+1, \dots, N$  y  $t = 1, \dots, T$ . Para simplificar la notación, en adelante se omite el superíndice  $k$ , de forma tal que el diferencial de precios se denotará sencillamente como  $p_{ijt} = p_{it} - p_{jt}$ . El análisis empírico se concentrará en los productos cuyos precios pueden ser considerados como estacionarios, para lo cual se tendrán en cuenta los resultados de la prueba de Hadri de la sección anterior. La ventaja de considerar los productos cuyos precios son estacionarios es que para éstos la media y la varianza no cambian en el tiempo. De esta forma, el diferencial promedio de precios se puede obtener como  $\bar{p}_{ij} = T^{-1} \sum_{t=1}^T p_{ijt}$ .

La principal ventaja que ofrece la metodología de emparejamiento es precisamente el hecho que calcula todos los posibles diferenciales de precios, y por consiguiente utiliza toda la información disponible en las series de precios. Por el contrario, tradicionalmente, el análisis de integración de mercados está basado en la diferencia que existe entre el precio de un producto

<sup>4</sup> Yazgan y Yilmazkuday (2011) y Yilmazkuday (2013) utilizan la metodología de Pesaran (2007) para el estudio de las propiedades estadísticas de series de tiempo de precios relativos. Sin embargo, en estos trabajos no se considera el papel de la distancia entre mercados.

en un lugar específico y el precio en un lugar de referencia (o base). Sin embargo, en la práctica los resultados pueden verse afectados por la escogencia del lugar de referencia. La metodología de emparejamiento que se va a utilizar evita precisamente la necesidad de escoger el lugar de referencia.

La Figura 3 presenta la distribución estadística del valor absoluto de los diferenciales promedio de precios,  $|\bar{p}_{ij}|$ , para cada una de las siete categorías de productos que se están considerando. Como se puede observar, las categorías de tubérculos, raíces y plátanos, verduras y hortalizas, y frutas no solamente presentan un mayor valor promedio del diferencial, sino también una mayor variabilidad (medida ésta última por la desviación estándar). Por su parte, las categorías de granos y cereales, lácteos y huevos, y procesados presentan un menor valor promedio del diferencial así como variabilidad. Los diferenciales de precios para la categoría de carnes se localizan en la mitad de estos dos grupos. Estos resultados no solamente reflejan el alto grado de heterogeneidad que parece existir en los distintos diferenciales de precios, sino también que éstos parecen depender de qué tan perecederos son los productos.

La hipótesis específica que deseamos contrastar postula la existencia de una relación positiva entre la magnitud del diferencial de precios en valor absoluto,  $|\bar{p}_{ij}|$ , y (el logaritmo de) la distancia existente entre los mercados correspondientes,  $\ln(d_{ij})$ . En términos econométricos, el modelo de regresión que se va a estimar está dado entonces por:

$$|\bar{p}_{ij}| = \alpha_1 + \alpha_2 \ln(d_{ij}) + u_{ij}, \quad (4)$$

donde  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los parámetros del modelo de regresión, y  $u_{ij}$  es el término de error. La variable dependiente se considera en valor absoluto debido a que nuestro interés se centra en las oportunidades de arbitraje ofrecidas por la comercialización de productos, y para éstas el factor relevante es la magnitud de la diferencia en precios más que el signo. Para calcular la

distancia entre los mercados  $i$  y  $j$  se utilizó el servicio *Google Maps*. Es importante resaltar que, al utilizar dicha medida de distancia, implícitamente estamos asumiendo que la calidad de la red de carreteras del país es idéntica sobre la totalidad del territorio nacional, lo cual puede ser visto como un supuesto bastante fuerte cuando se utiliza para el caso de Colombia. En otras palabras, no necesariamente es válido comparar, por ejemplo, una distancia de diez kilómetros en la vía que conduce de Bogotá a Tunja, que la misma distancia en la vía que conduce de Cali a Buenaventura<sup>5</sup>. Por último, con el propósito de conseguir más información de los datos, ganar grados de libertad y obtener estimadores más eficientes, la ecuación (4) no será estimada a nivel de producto sino de categoría, incluyendo efectos fijos de productos con el fin de tener en cuenta la heterogeneidad inherente a éstos.

La estimación, por mínimos cuadrados ordinarios, del modelo postulado en la ecuación para cada una de las siete categorías de

productos se resume en el Cuadro 2. Como se puede apreciar, el estimador de  $\beta_2$  en la ecuación (4) tiene signo positivo y es estadísticamente significativo en cinco de las siete categorías de productos que se consideran. En las dos categorías en que este resultado no se observa, es decir carnes y granos, y cereales, el coeficiente es negativo pero no es estadísticamente distinto de cero. Cuando se comparan las magnitudes de los coeficientes estimados para las diferentes categorías se observa, a grandes rasgos, un patrón similar al que se encontró cuando se comparaban las distribuciones de los diferenciales de precios. En efecto, el coeficiente asociado a  $\ln(d_{ij})$  es mayor para las categorías de verduras y hortalizas, frutas, y tubérculos y plátanos, en comparación con los valores que se obtienen para las categorías de procesados, y lácteos y huevos. Este resultado indica que, para las tres primeras categorías, los diferenciales de precios tienden a ser más sensibles a variaciones en la distancia, posiblemente debido al carácter perecedero de los productos que aparecen ahí clasificados.

<sup>5</sup> Por supuesto, queda pendiente por establecer qué tan robustos son los resultados cuando, por ejemplo, la distancia entre mercados se cuantifica, por ejemplo, con el tiempo de desplazamiento.

## 7. Velocidad de ajuste y distancia

La pregunta específica que deseamos responder en esta sección es si la separación geográfica entre mercados constituye una variable que ayuda a explicar la velocidad de ajuste de los diferenciales de precios. Para efectos del modelamiento econométrico, para cada diferencial de precios,  $p_{ijt}^k$ , calculamos la vida media de ajuste cuando ocurren choques o innovaciones. El concepto de vida media se puede aproximar utilizando la fórmula  $hl_{ij}^k = -\frac{\ln(2)}{\delta_2}$ , donde  $\delta_2$  es el coeficiente autorregesivo en el modelo:

$$p_{ijt}^k = \delta_1 + \delta_2 p_{ij,t-1}^k + \varepsilon_{ijt}^k. \quad (5)$$

Una vez se estima  $hl_{ij}^k$  (que se encuentra medida en la misma periodicidad de la información de precios, es decir semanas), examinamos inicialmente las estadísticas descriptivas de esta variable, las cuales se resumen en la Figura 4. De acuerdo con los resultados ahí presentados, las categorías de verduras y hortalizas, lácteos y huevos, y tubérculos y plátanos son las que presentan menor vida media y, por consiguiente, una mayor velocidad de ajuste. Por el contrario, las categorías donde la velocidad de ajuste tiende a ser menor son las de productos procesados, carnes, y granos y cereales.

En cuanto al contraste estadístico de si la separación geográfica entre mercados afecta la velocidad de ajuste entre los precios, postulamos el modelo de regresión:

$$\ln(hl_{ij}) = \beta_1 + \beta_2 \ln(d_{ij}) + \varepsilon_{ij}, \quad (6)$$

donde, al igual que el modelo postulado en , la estimación se efectúa a nivel de categoría de producto, incluyendo efectos fijos de producto para controlar por heterogeneidad.

El Cuadro 3 resume los resultados de estimar la ecuación por mínimos cuadrados ordinarios. En primer lugar, vale la pena observar que los coeficientes estimados pueden ser interpretados como elasticidades, pues tanto la variable dependiente como la independiente están medidas en logaritmos. En lo referente a los resultados de la estimación, en todas las categorías de productos el coeficiente estimado de la variable distancia tiene el signo positivo esperado y es estadísticamente significativo. En cuanto a la magnitud de los coeficientes estimados, el efecto de la distancia tiende a ser mayor en los casos de productos perecederos como tubérculos y plátanos; granos y cereales; verduras y hortalizas; y frutas. Por su parte, la distancia tiene un menor efecto en los casos de carnes y productos procesados. En síntesis, los resultados confirman la hipótesis que en la medida que los mercados estén más separados geográficamente, la magnitud de los diferenciales de precios será mayor, y la velocidad de ajuste de éstos será menor.

## 8. Conclusiones

En este trabajo hemos confirmado estadísticamente que la separación geográfica (o distancia) entre locaciones ayuda a explicar la magnitud de los diferenciales de precios, así como su velocidad de ajuste. Para el análisis empírico se utilizó una base de datos con información semanal (para un período de algo más de dos años) de series de precios de productos agrícolas. Como se destacó a lo largo del documento, la base de datos ofrece varias ventajas en comparación con las que se han utilizado en otros estudios disponibles en la literatura: (i) la existencia de información de precios a nivel de producto evita la necesidad de efectuar comparaciones utilizando canastas heterogéneas de productos; (ii) la existencia de información a nivel de plaza de mercado evita la necesidad de utilizar información que ha sido agregada en el espacio para obtener el precio en una ciudad o región; y (iii) la periodicidad semanal de la información permite capturar de una mejor manera el comportamiento dinámico de las series de precios relativos.

Los resultados obtenidos revelan la necesidad de tener en cuenta la dimensión espacial cuando se analizan las interrelaciones de precios. De esta forma se resalta el papel que juega la distancia, como variable proxy de los costos de transporte, como factor que puede fomentar o limitar la integración de mercados. Por supuesto, somos conscientes de la existencia de otros costos de transacción (como por ejemplo fletes, primas de riesgo, y costos de negociación), que también pueden afectar el comportamiento dinámico de los precios. Infortunadamente, estas variables no pudieron ser tenidas en cuenta en el análisis empírico debido a que no se cuenta con información detallada al respecto. Los resultados también destacan que el efecto que la distancia tiene sobre la magnitud de los diferenciales de precios, así como sobre la velocidad con la que éstos cambian, depende de la categoría

de producto que se está analizando, es decir, de si se trata de los precios de carnes; frutas, granos y cereales; lácteos y huevos; procesados; tubérculos y plátanos; o verduras y hortalizas. En todos los casos, el concepto que no se debe perder de vista y que es, en última instancia, el que da lugar a la heterogeneidad de los resultados, es el de qué tan perecedero es el producto o productos en cuestión.

En cuanto al efecto de la variable distancia, utilizada como proxy de los costos de transporte, se encuentra que ésta afecta positivamente la magnitud absoluta de los diferenciales de precios, y negativamente su velocidad de ajuste. Desde el punto de vista de política económica, estos resultados confirman el efecto potencial que una reducción en los costos de transporte, lograda por ejemplo a través de mejoras en infraestructura, podría tener sobre la integración espacial de mercados en la medida en que las oportunidades de ganancias (pérdidas) sistemáticas se reduzcan.

Finalmente, para propósitos de análisis futuros, sería interesante contar con información de precios más detallada para algunas regiones específicas. Por ejemplo, al momento de escribir este documento la información para la región central comprende básicamente los mercados de Corabastos y Paloquemao en Bogotá. Geográficamente, los mercados más cercanos a estos dos mercados son los de las ciudades de Ibagué, Tunja y Villavicencio. Para el Departamento de Antioquia, en cambio, la base de datos incluye muchos más mercados (El Carmen de Viboral, El Santuario, La Unión, Marinilla, Central Mayorista de Antioquia, Rionegro, San Vicente, Santa Bárbara y Sonsón). Por consiguiente, sería interesante incluir mercados cercanos a Bogotá con el propósito de lograr un mejor conocimiento de las relaciones de precios a través del tiempo y en el espacio.

**Cuadro 1. Pruebas de correlación contemporánea y de estacionariedad en panel**

Producto	N	Correlación		Estacionariedad	
		Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor
<b>Carnes</b>					
Carne de cerdo, costilla	5	1.181	[0.238]	8.480	[0.000]
Carne de res, lomo fino♦	6	2.285	[0.022]	9.234	[0.191]
Pechuga de pollo♦	8	5.494	[0.000]	4.504	[0.067]
<b>Frutas</b>					
Aguacate papelillo♦	7	15.922	[0.000]	1.085	[0.373]
Banano criollo♦	15	7.316	[0.000]	2.354	[0.232]
Banano Urabá♦	8	8.607	[0.000]	1.356	[0.224]
Coco	8	1.077	[0.281]	42.895	[0.000]
Curuba♦	13	8.113	[0.000]	1.568	[0.135]
Fresa	13	2.928	[0.003]	6.988	[0.034]
Granadilla	13	33.443	[0.000]	4.310	[0.033]
Guanábana♦	9	9.001	[0.000]	0.387	[0.452]
Guayaba agria♦	5	4.898	[0.000]	0.285	[0.385]
Guayaba pera	19	16.481	[0.000]	2.910	[0.007]
Kiwi	5	12.145	[0.000]	8.530	[0.029]
Limón común♦	10	22.285	[0.000]	-1.247	[0.969]
Limón Tahití	14	35.182	[0.000]	3.734	[0.037]
Lulo	17	40.411	[0.000]	12.972	[0.012]
Mandarina Arrayana♦	5	8.039	[0.000]	0.478	[0.713]
Mandarina Oneco♦	8	13.590	[0.000]	-1.236	[0.993]
Mango Tommy♦	7	16.761	[0.000]	-1.526	[1.000]
Manzana royal gala importada♦	17	25.337	[0.000]	-0.293	[0.984]
Maracuyá♦	17	39.327	[0.000]	-0.798	[0.856]
Melón Cantalup♦	13	32.936	[0.000]	0.981	[0.191]
Mora de Castilla	24	44.068	[0.000]	5.282	[0.006]
Naranja común♦	5	5.302	[0.000]	-0.902	[0.930]
Naranja Valencia♦	15	23.001	[0.000]	1.037	[0.741]
Papaya Maradol	14	20.662	[0.000]	5.427	[0.005]
Patilla	13	17.426	[0.000]	3.682	[0.008]
Pera importada♦	16	25.735	[0.000]	-1.252	[0.988]
Piña manzana♦	7	5.864	[0.000]	3.517	[0.198]
Piña perolera	10	19.928	[0.000]	3.166	[0.047]
Tangelo♦	5	7.234	[0.000]	-0.824	[0.979]
Tomate de árbol♦	24	62.903	[0.000]	7.893	[0.214]
Uchuva con cáscara♦	6	4.751	[0.000]	3.117	[0.136]
<b>Granos y cereales</b>					
Arroz de primera♦	12	12.713	[0.000]	28.394	[0.800]

La tabla continúa en la siguiente página ➡

**Cuadro 1. Pruebas de correlación contemporánea y de estacionariedad en panel**

Producto	N	Correlación		Estacionariedad	
		Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor
Arveja verde seca importada♦	9	2.699	[0.007]	11.721	[0.440]
Frijol cargamanto rojo♦	8	13.913	[0.000]	9.826	[0.797]
Frijol radical♦	5	3.685	[0.000]	7.293	[0.075]
Garbanzo importado	9	1.374	[0.170]	19.460	[0.000]
Maíz amarillo cáscara♦	5	-0.528	[0.597]	-0.324	[0.379]
Maíz amarillo trillado♦	5	-0.152	[0.879]	0.817	[0.286]
Maíz blanco trillado	8	1.459	[0.145]	3.174	[0.003]
<b>Lácteos y huevos</b>					
Huevo rojo A♦	9	18.929	[0.000]	3.914	[0.259]
Huevo rojo AA♦	6	11.194	[0.000]	2.465	[0.407]
Huevo rojo B♦	5	9.354	[0.000]	2.648	[0.426]
Huevo rojo extra♦	5	6.177	[0.000]	-0.061	[0.749]
Leche en polvo	7	-0.236	[0.814]	3.567	[0.001]
Queso campesino	7	2.140	[0.032]	2.760	[0.011]
Queso costeño♦	9	10.448	[0.000]	-0.132	[0.845]
<b>Procesados</b>					
Azúcar refinada♦	7	6.841	[0.000]	2.964	[0.081]
Azúcar sulfitada♦	11	18.443	[0.000]	-1.420	[0.977]
Café molido	7	1.720	[0.086]	25.825	[0.000]
Chocolate dulce♦	5	0.948	[0.343]	0.847	[0.279]
Galletas saladas 3 tacos	9	2.836	[0.005]	8.261	[0.025]
Gelatina	5	-0.260	[0.795]	7.364	[0.000]
Harina de trigo	9	1.150	[0.250]	8.590	[0.000]
Manteca	5	-2.200	[0.028]	23.080	[0.002]
Margarina♦	6	2.160	[0.031]	0.295	[0.461]
Panela cuadrada blanca♦	6	3.303	[0.001]	2.588	[0.274]
Panela cuadrada morena♦	6	4.907	[0.000]	0.699	[0.316]
Pastas alimenticias	9	-0.754	[0.451]	7.251	[0.000]
Sal yodada	13	1.406	[0.160]	9.046	[0.000]
Salsa de tomate doy pack	6	1.053	[0.292]	4.685	[0.000]
<b>Tubérculos, raíces y plátanos</b>					
Arracacha amarilla	7	10.583	[0.000]	2.655	[0.031]
Arracacha blanca♦	6	3.444	[0.001]	4.988	[0.109]
Papa capira♦	12	45.347	[0.000]	1.072	[0.518]
Papa criolla limpia♦	15	39.047	[0.000]	-1.009	[0.851]
Papa criolla sucia♦	7	23.118	[0.000]	2.009	[0.081]
Papa nevada♦	7	26.633	[0.000]	-0.856	[0.959]
Papa parda pastusa♦	10	35.021	[0.000]	-1.275	[0.957]
Papa única♦	11	46.197	[0.000]	0.314	[0.674]
Plátano dominico hartón verde♦	5	8.974	[0.000]	1.155	[0.149]
Plátano guineo♦	7	7.109	[0.000]	0.364	[0.399]
Plátano hartón verde♦	18	26.431	[0.000]	-0.444	[0.662]
<b>Verduras y hortalizas</b>					
Acelga	10	3.355	[0.001]	4.278	[0.041]
Ahuyama♦	15	4.518	[0.000]	-0.012	[0.919]
Ajo♦	9	9.743	[0.000]	1.014	[0.247]
Ajo importado	13	25.138	[0.000]	16.089	[0.009]
Apio♦	18	21.430	[0.000]	1.417	[0.084]
Arveja verde en vaina♦	17	55.389	[0.000]	-0.370	[0.507]
Berenjena♦	5	0.080	[0.936]	0.240	[0.388]
Brócoli♦	12	12.700	[0.000]	0.652	[0.226]
Cebolla junca	11	23.305	[0.000]	5.097	[0.001]
Chócolo mazorca♦	15	12.154	[0.000]	-1.136	[0.882]

**Cuadro 1. Pruebas de correlación contemporánea y de estacionariedad en panel**

Producto	N	Correlación		Estacionariedad	
		Estadístico	p-valor	Estadístico	p-valor
Cilantro♦	21	21.637	[0.000]	1.755	[0.139]
Coliflor♦	15	16.361	[0.000]	0.869	[0.173]
Espinaca♦	15	9.155	[0.000]	2.572	[0.112]
Fríjol verde cargamanto♦	9	26.827	[0.000]	-0.382	[0.494]
Fríjol verde en vaina♦	10	16.824	[0.000]	-0.124	[0.454]
Habichuela♦	21	56.672	[0.000]	-0.742	[0.684]
Lechuga Batavia♦	20	44.426	[0.000]	-1.357	[0.864]
Pepino cohombro♦	17	34.529	[0.000]	-1.948	[0.992]
Perejil♦	6	3.053	[0.002]	-0.632	[0.704]
Pimentón♦	21	35.634	[0.000]	-0.206	[0.550]
Rábano rojo♦	7	1.576	[0.115]	0.724	[0.307]
Remolacha♦	15	40.937	[0.000]	-1.207	[0.802]
Repollo blanco♦	14	15.653	[0.000]	3.136	[0.936]
Tomate chonto♦	7	38.629	[0.000]	-1.799	[0.901]
Tomate larga vida♦	6	22.021	[0.000]	-0.547	[0.554]
Tomate riñón♦	7	7.357	[0.000]	0.554	[0.218]
Zanahoria♦	12	48.915	[0.000]	-0.977	[0.659]

Notas: Las pruebas de correlación contemporánea y de estacionariedad en panel son las de Pesaran (2004) y Hadri (2000). El símbolo ♦ al lado del nombre de un producto indica que los precios del pro-

ducto en los diferentes mercados son el conjunto estacionarios, utilizando un nivel de significancia estadística del 5%. N indica el número de mercados en los que cada producto es transado.

**Cuadro 2. Relación entre la magnitud (en valor absoluto) de los diferenciales de precios y la distancia entre ciudades**

Categoría	ln(distij)	HCSE	t-stat	Obs.	R2
Carnes	-0.008	(0.011)	-0.760	43	0.287
Frutas	0.050	(0.006)	8.640	1289	0.315
Granos y cereales	-0.003	(0.006)	-0.460	160	0.120
Lácteos y huevos	0.011	(0.004)	2.950	107	0.318
Procesados	0.013	(0.005)	2.460	131	0.282
Tubérculos y plátanos	0.050	(0.009)	5.410	512	0.234
Verduras y hortalizas	0.075	(0.006)	11.840	2213	0.289

Notas: La variable dependiente es el diferencial de precios promedio en valor absoluto. Los modelos de regresión incluyen intercepto, y además controlan la heterogeneidad de los

productos mediante la inclusión de efectos fijos de producto. HCSE, en paréntesis, indica que los errores estándar son robustos a heterocedasticidad.

**Cuadro 3. Relación entre la velocidad de ajuste de los diferenciales de precios y la distancia entre ciudades**

Categoría	ln(distij)	HCSE	t-stat	Obs.	R2
Carnes	0.176	(0.104)	1.690	43	0.499
Frutas	0.278	(0.019)	14.950	1289	0.420
Granos y cereales	0.308	(0.098)	3.130	160	0.205
Lácteos y huevos	0.227	(0.063)	3.620	107	0.427
Procesados	0.194	(0.040)	4.840	131	0.508
Tubérculos y plátanos	0.445	(0.026)	17.360	508	0.559
Verduras y hortalizas	0.299	(0.017)	17.830	2205	0.515

Notas: La variable dependiente es el logaritmo de la vida media de un choque sobre el diferencial de precios. Los modelos de regresión incluyen intercepto, y además controlan la heteroge-

neidad de los productos mediante la inclusión de efectos fijos de producto. HCSE, en paréntesis, indica que los errores estándar son robustos a heterocedasticidad.

**Figura 1. Evolución histórica de tres series de precios de un producto hipotético**

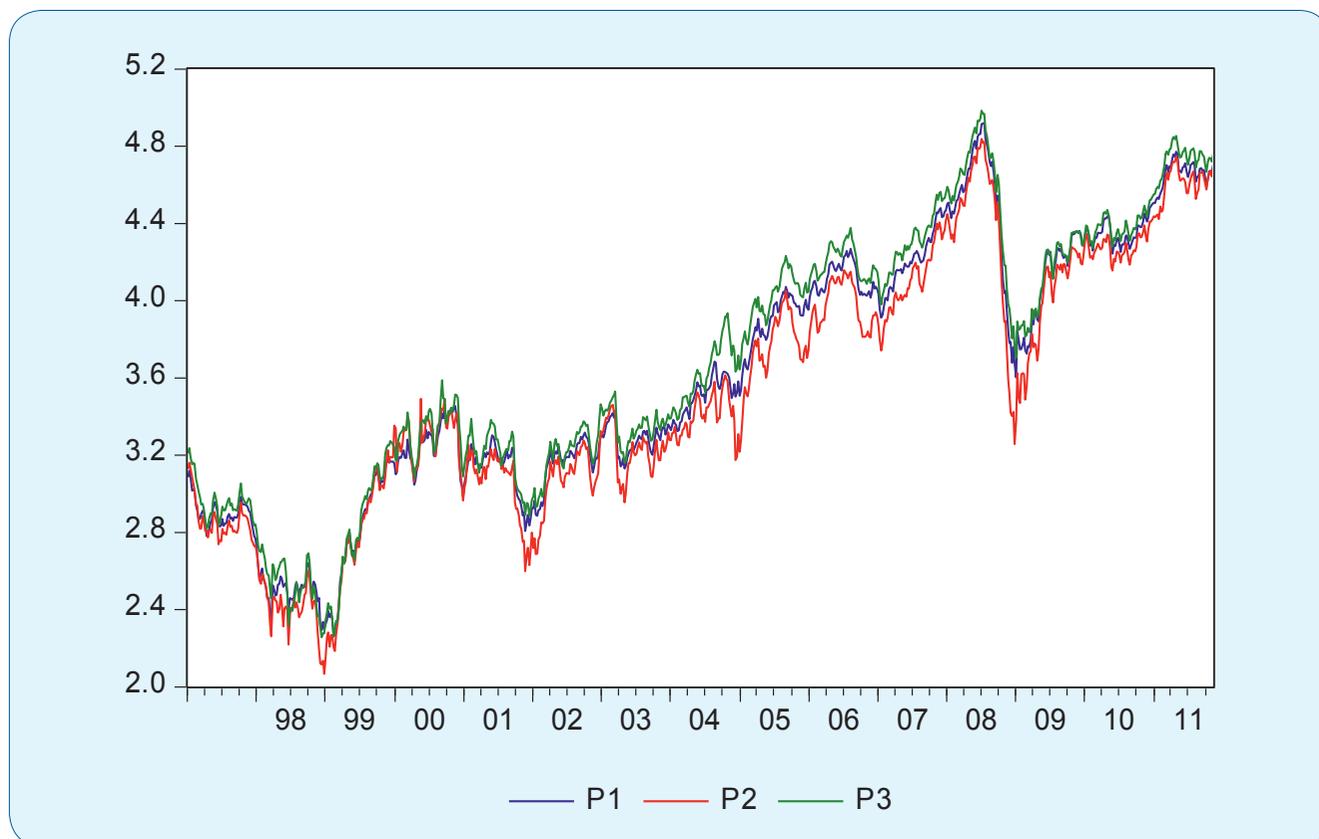


Figura 2. Gráficos de dispersión de precios

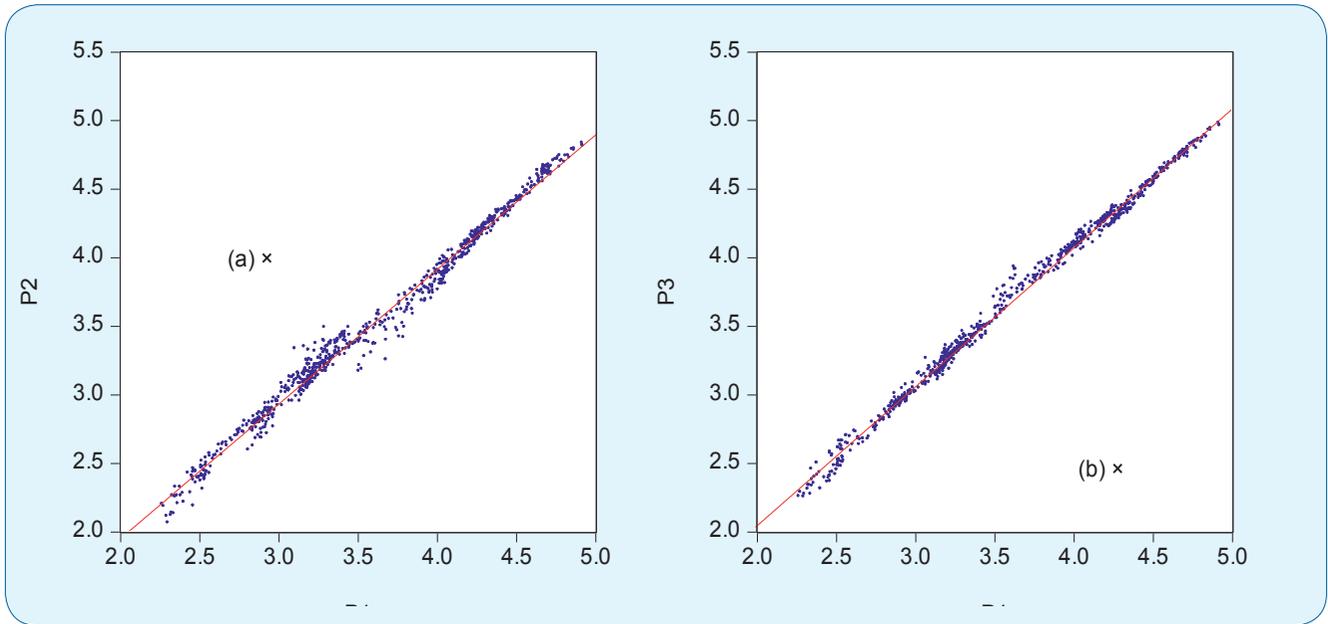


Figura 3. Distribución de los diferenciales de precios promedio (en valor absoluto)

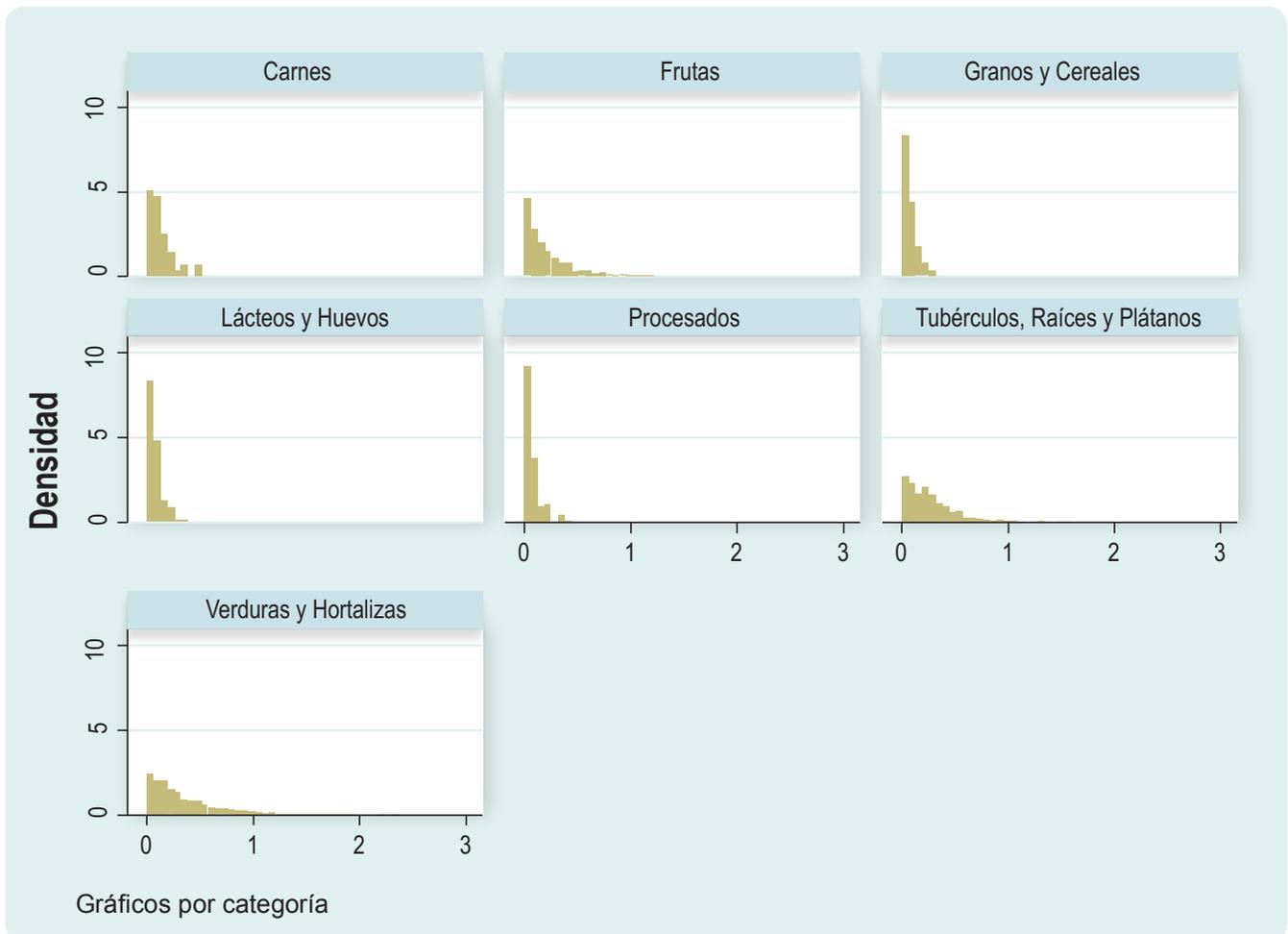
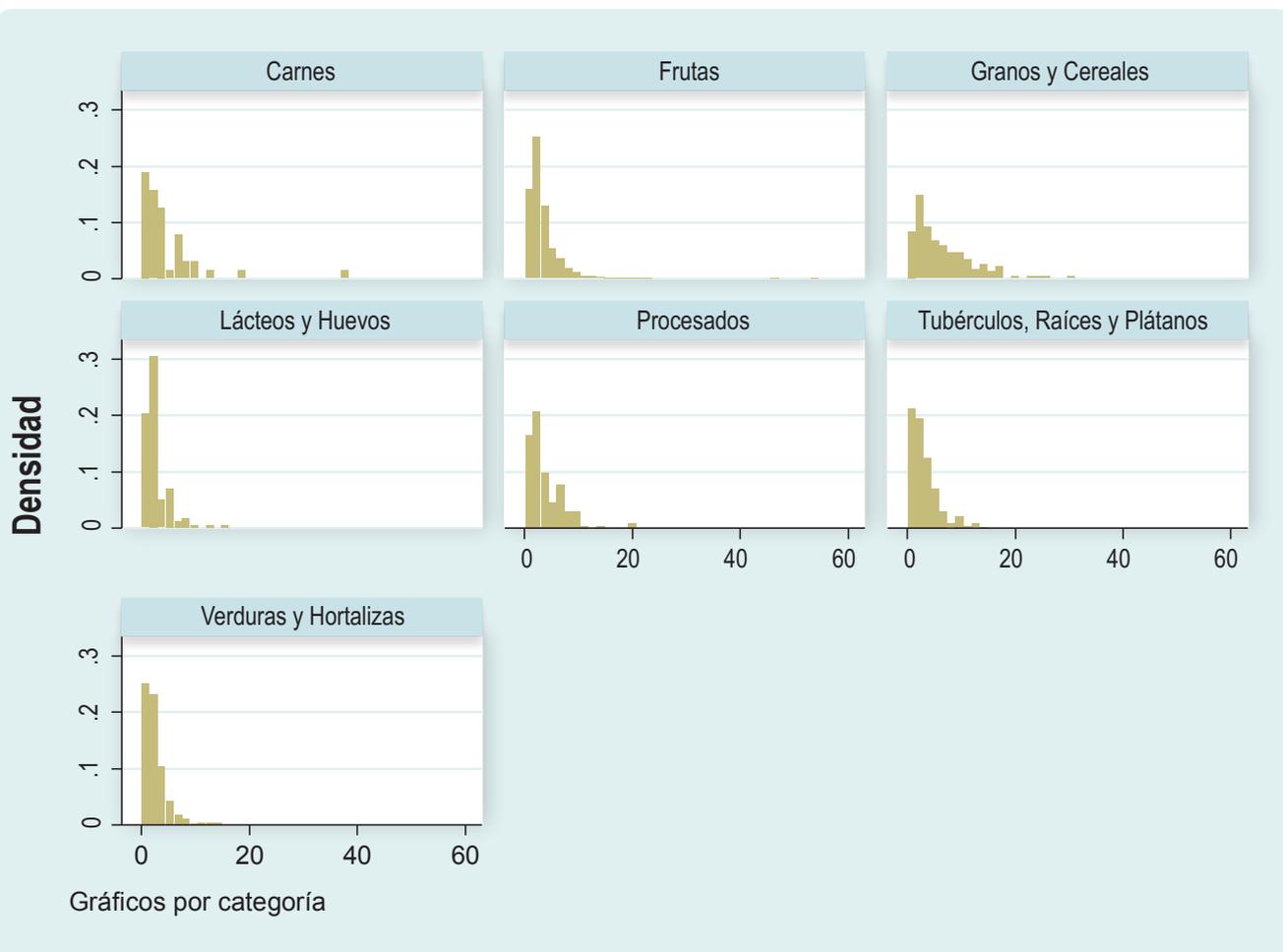


Figura 4. Distribución de la vida media de choques sobre los diferenciales de precios



# Anexos

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	1	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1			x						x	x			x		x
2															
3	x		x		x	x			x	x	x	x	x	x	x
4	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x
5									x		x				
6			x		x	x	x			x	x	x	x	x	x
7									x		x	x	x		
8			x		x								x		
10	x	x	x		x	x	x								x
12															
13	x		x		x	x			x		x	x	x		
14						x		x		x			x		x
15			x	x	x	x	x			x					x
16	x		x	x			x							x	
17										x					
19															
20	x			x		x				x					
21															
22															
23		x	x	x		x									x
24						x				x					
25	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
26					x	x			x					x	
27	x	x			x	x			x	x		x			x
28			x		x										x
29	x				x	x		x							
30															
31		x	x	x		x		x	x	x	x		x		x
32			x			x		x		x					x
33										x					
34															x
35										x					
36			x		x			x	x		x		x		x
37				x			x			x				x	
38						x									
39	x	x		x		x	x		x	x		x		x	

La tabla continúa en la siguiente página ➡

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	19	20	21	23	25	26	28	29	30	32	33	34	36	37	39
1						x						x	x	x	x
2															
3		x		x	x		x	x	x		x	x	x		
4		x	x					x	x	x		x	x	x	x
5			x		x										x
6		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
7			x				x								
8									x			x			
10	x	x						x	x	x	x		x		
12															x
13	x	x		x				x		x	x	x	x		
14						x			x	x	x	x			
15		x						x	x		x	x		x	
16								x					x	x	
17															
19															
20						x			x		x	x	x	x	
21															
22															
23	x					x			x		x	x	x	x	
24		x						x	x				x		x
25	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
26	x		x		x	x		x	x	x				x	
27		x	x				x	x	x		x		x	x	
28									x		x				
29		x						x	x		x		x	x	
30						x									
31									x	x	x			x	x
32						x		x	x						
33								x						x	x
34															
35												x			
36			x		x				x						
37		x		x					x		x		x		
38						x			x						
39		x		x	x	x	x	x	x		x	x	x		

La tabla continúa en la siguiente página ➡

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	40	41	42	44	45	46	47	48	49	51	53	54	59	60	61
1			x					x	x	x	x				
2															
3			x	x		x	x			x	x	x	x	x	
4	x	x		x	x		x	x			x	x	x	x	x
5	x				x							x	x	x	x
6	x		x	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x
7	x			x	x							x			
8										x					
10		x								x	x				
12															
13				x		x				x		x	x		
14			x				x		x	x	x				
15			x				x	x							
16							x			x	x				
17		x									x				
19			x							x	x				
20											x				
21															
22															
23			x				x	x	x	x	x				
24		x									x				
25		x			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
26			x						x		x		x		
27			x	x	x		x			x	x	x	x		
28										x	x				
29										x					
30															
31	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x				
32		x					x			x	x				
33		x													
34								x							
35		x													
36				x		x				x	x	x			
37		x			x		x	x		x					
38											x				
39				x	x		x			x	x		x	x	x

La tabla continúa en la siguiente página ➡

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	62	63	64	65	66	67	69	70	71	73	77	78	79	80	82
1						x	x		x		x		x	x	
2															
3			x	x			x								
4	x	x		x	x	x	x	x		x		x		x	x
5	x														
6	x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	
7			x											x	
8							x						x		
10				x	x		x	x	x	x		x	x		
12															
13			x	x											x
14				x	x		x		x	x	x		x	x	x
15		x		x	x		x					x	x		
16				x	x			x				x			
17															
19				x		x						x	x		
20												x			
21															
22															
23					x		x		x			x	x		
24				x											
25	x	x	x	x	x	x	x		x	x		x			x
26				x		x						x	x		
27		x		x		x	x			x	x	x			x
28				x			x					x	x		
29				x	x							x	x		
30															
31				x	x	x	x		x			x	x		
32				x	x	x			x	x		x	x		
33															
34					x				x						
35															
36			x				x				x	x	x	x	
37				x	x		x	x				x	x		
38				x			x						x		
39	x		x	x	x	x	x	x			x		x		

La tabla continúa en la siguiente página ➡

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	83	85	86	88	91	92	93	94	98	99	100	101	102	104	105
1		x	x	x	x					x			x		
2					x										
3	x	x	x	x	x	x	x				x			x	x
4		x	x	x	x			x		x	x		x	x	x
5		x						x							
6			x	x	x	x	x	x		x			x	x	x
7							x	x					x		
8					x										
10			x	x	x	x			x		x	x	x	x	x
12															
13	x	x		x			x			x					
14				x	x				x	x		x	x	x	
15			x	x		x				x			x	x	x
16			x	x						x			x		x
17				x					x	x		x			
19			x	x	x	x									
20				x					x					x	
21									x						
22															
23			x	x	x				x						x
24				x					x	x		x			
25	x		x	x	x		x		x	x		x			x
26	x	x		x					x						
27				x				x							x
28				x	x							x			x
29				x					x		x		x	x	
30															
31	x	x	x	x						x		x		x	x
32				x	x				x	x		x			x
33									x	x					
34															
35															
36				x							x				x
37			x	x	x		x			x			x	x	x
38				x						x				x	
39		x	x		x			x			x				

La tabla continúa en la siguiente página ➡

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	109	110	111	112	114	115	119	121	122	123	125	127	128	129	131
1		x		x	x		x					x	x	x	x
2										x	x	x			
3	x	x	x	x			x		x			x		x	x
4	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x
5	x		x										x	x	
6	x	x			x	x	x		x			x			x
7	x											x	x	x	
8				x				x							
10		x		x	x		x	x				x			
12															
13		x	x				x		x			x		x	x
14		x			x		x			x					
15		x			x		x		x						
16				x		x									
17															x
19				x			x								x
20				x			x								
21															
22										x	x	x			
23				x	x	x	x	x		x	x				x
24				x			x								
25		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
26		x	x	x	x		x		x			x	x	x	x
27	x	x		x	x	x	x								x
28					x		x	x				x			
29					x		x								
30															
31	x			x	x		x	x		x		x			
32		x		x	x		x	x			x	x			x
33															
34											x	x			
35															
36	x	x	x	x	x		x					x			
37									x						x
38							x		x			x			x
39	x		x	x	x				x			x	x	x	x

La tabla continúa en la siguiente página ➡

Anexo 1. Series de precios de productos (columnas) y mercados (filas) utilizadas

	132	134	135	136	137	139	140	141	142	143	148
1	x		x			x	x		x		
2											
3	x	x	x				x				
4			x	x	x	x	x	x		x	x
5			x								
6	x		x	x	x		x		x	x	x
7			x								
8							x				
10	x	x					x	x			
12											
13	x	x	x				x				
14						x	x		x		x
15										x	
16							x				x
17	x						x				
19											x
20							x		x		x
21											
22											
23		x			x	x	x		x		x
24	x						x				
25	x	x	x	x			x		x	x	
26	x		x	x			x				
27		x	x			x	x	x		x	x
28	x						x				
29	x	x					x	x			x
30											
31			x	x	x	x	x		x		
32	x				x		x			x	
33							x				
34											
35											
36			x	x			x				
37						x	x	x			x
38	x						x				x
39	x		x					x			x

Las columnas de los Cuadros anteriores presentan la siguiente lista de productos con sus respectivos códigos en paréntesis: Acelga (1); Aguacate papelillo (3); Ahuyama (4); Ajo (5); Ajo importado (6); Apio (9); Arracacha amarilla (10); Arracacha blanca (11); Arroz de primera (12); Arveja verde en vaina (13); Arveja verde seca importada (14); Azúcar refinada (15); Azúcar sulfitada (16); Banano Urabá (17); Banano criollo (18); Berenjena (19); Brócoli (20); Café molido (21); Carne de cerdo ; costilla (23); Carne de res ; lomo fino (25); Cebolla junca (26); Chocolate dulce (28); Chócolo mazorca (29); Cilantro (30); Coco (32); Coliflor (33); Curuba (34); Espinaca (36); Fresa (37); Frijol cargamanto rojo (39); Frijol radical (40); Frijol verde cargamanto (41); Frijol verde en vaina (42); Galletas saladas 3 tacos (44); Garbanzo importado (45); Gelatina (46); Granadilla (47); Guanábana (48); Guayaba agria (49); Guayaba pera (51); Habichuela (53); Harina de trigo (54); Huevo rojo A (59); Huevo rojo AA (60); Huevo rojo B (61); Huevo rojo extra (62); Kiwi (63); Leche en polvo (64); Lechuga Batavia (65); Limón Tahití (66); Limón común (67); Lulo (69); Mandarina Arrayana (70); Mandarina Oneco (71); Mango Tommy (73); Manteca (77); Manzana royal gala importada (78); Maracuyá (79); Margarina (80); Maíz amarillo cáscara (82); Maíz amarillo trillado (83); Maíz blanco trillado (85); Melón Cantalup (86); Mora de Castilla (88); Naranja Valencia (91); Naranja común (92); Panela cuadrada blanca (93); Panela cuadrada morena (94); Papa capira (98); Papa criolla limpia (99); Papa criolla sucia (100); Papa nevada (101); Papa parda pastusa (102); Papa única (104); Papaya Maradol (105); Pastas alimenticias (109);

Patilla (110); Pechuga de pollo (111); Pepino cohombro (112); Pera importada (114); Perejil (115); Pimentón (119); Piña manzana (121); Piña perolera (122); Plátano dominico hartón verde (123); Plátano guineo (125); Plátano hartón verde (127); Queso campesino (128); Queso costeño (129); Remolacha (131); Repollo blanco (132); Rábano rojo (134); Sal yodada (135); Salsa de tomate doy pack (136); Tangelo (137); Tomate chonto (139); Tomate de árbol (140); Tomate larga vida (141); Tomate riñón (142); Uchuva con cáscara (143) y Zanahoria (148).

Las filas de los Cuadros anteriores presentan la siguiente lista de mercados con sus respectivos códigos en paréntesis: Armenia Mercar (1); Armenia El Retiro (2); Barranquilla, Barranquillita (3); Bogotá Corabastos (4); Bogotá Paloquehao (5); Bucaramanga Centroabastos (6); Bucaramanga Mercados del Centro (7); Buenaventura (8); Cali Cavasa (10); El Carmen de Viboral, Antioquia (12); Cartagena, Bazurto (13); Cartago (14), Cúcuta Cenabastos (15), Duitama (16), El Santuario Antioquia (17), Ibagué (19), Ipiales (20); La Unión, Antioquia (21); La Virginia, Risaralda (22); Manizales Galería (23); Marinilla, Antioquia (24); Medellín; Central Mayorista de Antioquia (25); Montería Mercado del sur (26); Neiva Surabastos (27); Palmira, Valle del Cauca (28); Pasto, Nariño (29); Pereira, La Bella (30); Pereira, Mercasa (31); Rionegro, Antioquia (32); San Vicente, Antioquia (33); Santa Bárbara, Antioquia (34); Sonsón, Antioquia (35); Tuluá, Valle del Cauca (36); Tunja, Boyacá (37); Valledupar, Mercabastos (38); y Villavicencio, CAV (39).

## Anexo 2. Construcción de la prueba de estacionariedad en panel de Hadri

Para determinar si las series de precios son (o no) estacionarias se utilizan las pruebas de Hadri (2000) que contrastan la hipótesis nula de que todas las series de precios de un producto son estacionarias, contra la hipótesis alterna que algunas de las series no lo son. La prueba de Hadri está basada en el promedio simple de los estadísticos de Kwiatkowski et al. (1992) (denotada como KPSS) que contrastan la hipótesis de estacionariedad en series individuales. En otras palabras, las pruebas de Hadri pueden ser vistas como las versiones para panel de datos de las pruebas de KPSS. Más específicamente, Hadri considera los siguientes modelos:

$$y_{it} = \alpha_i + r_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (7)$$

$$y_{it} = \alpha_i + r_{it} + \beta_i t + \varepsilon_{it}, \quad (8)$$

Donde  $y_{it}$  indica el precio de un producto en el mercado  $i = 1, \dots, N$ , en el momento  $t = 1, \dots, T$ ,  $r_{it}$  es un paseo aleatorio,  $r_{it} = r_{it-1} + u_{it}$ , y además  $\varepsilon_{it}$  y  $u_{it}$  son variables aleatorias independientes entre sí, cada una con una distribución normal, donde  $E[\varepsilon_{it}] = 0$ ,  $E[\varepsilon_{it}^2] = \sigma_{\varepsilon,i}^2 > 0$ ,  $E[u_{it}] = 0$  y  $E[u_{it}^2] = \sigma_{u,i}^2 \geq 0$ . El modelo expuesto en la ecuación (7) permite contrastar la hipótesis nula de estacionariedad alrededor de la media, mientras que el modelo en la ecuación (8) se utiliza para el caso de estacionariedad alrededor de una tendencia lineal. Para los propósitos de este documento, se considerará únicamente la ecuación (7) en razón a que la inspección visual de las gráficas de las series de precios indica que éstas no presentan comportamiento tendencial durante el período de tiempo que se está analizando.

En cuanto a la formulación de la hipótesis nula de que todas las series en el panel son, en conjunto, estacionarias, ésta se puede expresar formalmente como  $H_0 : \sigma_{u,i}^2 = 0$ , donde  $i = 1, \dots, N$  denota el número total de mercados donde cada producto está siendo transado. Por

su parte, la hipótesis alterna de que algunos (pero no todos los) precios no son estacionarios es  $H_1 : \sigma_{u,i}^2 > 0$ , donde  $i = 1, \dots, N_1$ , y  $\sigma_{u,i}^2 = 0$ , donde  $i = N_1 + 1, \dots, N$ .

Para calcular el estadístico de Hadri comenzamos definiendo  $\hat{\varepsilon}_{it}$  como los residuos que resultan de estimar por mínimos cuadrados ordinarios la ecuación (7) para todas las series de precios de cada uno de los productos. Los residuos  $\hat{\varepsilon}_{it}$  se utilizan para calcular la prueba de estacionariedad univariada de KPSS, la cual está dada por:

$$\eta_{i,T} = \frac{\sum_{t=1}^T S_{it}^2}{T^2 \hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2}, \quad (9)$$

Donde  $S_{it}$  denota la suma parcial de los residuos, es decir:

$$S_{it} = \sum_{j=1}^t \hat{\varepsilon}_{ij}, \quad (10)$$

y  $\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2$  es un estimador consistente de la varianza de largo plazo de  $\hat{\varepsilon}_{it}$ . KPSS utilizan en su artículo un estimador no paramétrico de  $\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2$ , el cual está basado en una ventana de Bartlett con un parámetro de truncamiento igual a  $l_q = \text{integer} \left[ q(T/100)^{1/4} \right]$  donde  $q = 4, 12$ ; el valor del estadístico parece ser sensible a la escogencia del parámetro  $q$ . Sin embargo, Caner y Kilian (2001) indican que pruebas de estacionariedad como la de KPSS presentan baja potencia, incluso después de corregir distorsiones que se presentan en el tamaño de la prueba. Por consiguiente, en este documento seguimos el trabajo de Sul et al. (2005), quienes recomiendan el siguiente procedimiento para obtener un estimador consistente de  $\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2$ . Primero, se estima por mínimos cuadrados ordinarios un modelo autorregresivo (AR) de la forma:

$$\hat{\varepsilon}_{it} = \rho_{i,1} \hat{\varepsilon}_{i,t-1} + \dots + \rho_{i,k_i} \hat{\varepsilon}_{i,t-k_i} + v_{it}, \quad (11)$$

donde el número de retardos,  $k_i$ , puede ser

determinado, por ejemplo, utilizando el algoritmo general a específico (GTS, por sus siglas en idioma inglés) recomendado por Hall (1994) y Campbell and Perron (1991). La idea del algoritmo GTS es establecer una cota superior en el valor de  $k_i$ , digamos  $k_i^{\max}$ , para estimar (11) utilizando  $k_i = k_i^{\max}$ , y contrastar la significancia estadística de  $\rho_{i,k_i^{\max}}$ . Si el coeficiente es estadísticamente significativo, utilizando por ejemplo un nivel de significancia del 10%, entonces se selecciona  $k_i = k_i^{\max}$ . Si este no es el caso, el orden del modelo AR estimado en (11) se reduce en una unidad, hasta que el último coeficiente incluido sea estadísticamente significativo. Segundo, se obtiene  $\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2$  a partir de la regla:

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2 = \min \left\{ T \hat{\sigma}_{v_i}^2, \frac{\hat{\sigma}_{v_i}^2}{(1 - \hat{\rho}_i(1))^2} \right\}, \quad (12)$$

donde  $\hat{\rho}_i(1) = \hat{\rho}_{i,1}(1) + \dots + \hat{\rho}_{i,k_i}(1)$  corresponde al polinomio autorregresivo de (11) evaluado cuando  $L=1$ . Finalmente, la varianza de largo plazo de los residuos en (11), denotada  $\hat{\sigma}_{v_i}^2$ , se obtiene utilizando un estimador que sea consistente a heterocedasticidad y autocorrelación. Sul et al. (2005) presentan resultados de simulaciones de Montecarlo que indican que el procedimiento descrito anteriormente mejora el tamaño y la potencia del estadístico de KPSS<sup>6</sup>.

Una vez se cuenta con el estimador consistente de  $\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2$ , para cada producto, la prueba de estacionariedad de Hadri (2000) se puede calcular como el promedio simple de los estadísticos de KPSS de todas las series de precios, es decir:

$$LM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \eta_{i,T}. \quad (13)$$

Hadri (2000) demuestra que, después de una estandarización apropiada, el estadístico  $LM$  que resulta tiene una distribución normal estándar:

<sup>6</sup> Al respecto, ver también los resultados de las simulaciones de Montecarlo reportadas por Carrión-i-Silvestre y Sansó (2006).

$$Z = \frac{\sqrt{N} \left( \sum M_{T,N} - \bar{\xi} \right)}{\bar{\xi}} \Rightarrow N(0,1), \quad (14)$$

donde  $\bar{\xi} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \xi_i$  y  $\bar{\xi}^2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N \xi_i^2$  denotan la media y la varianza requeridas para la estandarización, las cuales pueden ser encontradas en Hadri (2000).

En este punto es importante destacar que un supuesto crítico que se utiliza en la construcción del estadístico  $Z$  de Hadri es el de que las series son independientes entre sí<sup>7</sup>. Sin embargo, los resultados de la prueba  $CD$  de Pesaran que se reportaron anteriormente indicaron que este supuesto no era válido para la gran mayoría de precios (específicamente, en 85 del total de 101 productos). Para tener presente el efecto de la correlación contemporánea en los casos que así lo requieran, es decir, cuando el estadístico  $CD$  rechaza la hipótesis nula de independencia, seguimos a Hadri y Rao (2008), quienes recomiendan utilizar un procedimiento de muestreo con reemplazo (tipo bootstrap). Básicamente, la idea en dicho procedimiento es, en primer lugar, estimar la ecuación y guardar los residuos (centrados alrededor de cero) como  $\hat{v}_{it}$ . A continuación, siguiendo a Maddala y Wu (1999), se efectúa un procedimiento de muestreo con reemplazo sobre los residuos  $\hat{v}_{it}$  manteniendo el subíndice  $i$  fijo para todos los individuos. Los residuos que resultan se denotan  $\hat{v}_{it}^*$ . En tercer lugar, los residuos  $\hat{v}_{it}^*$  se utilizan para construir  $\hat{\varepsilon}_{it}^*$  utilizando el mecanismo AR:

$$\hat{\varepsilon}_{it}^* = \hat{\rho}_{i,1} \hat{\varepsilon}_{i,t-1}^* + \dots + \hat{\rho}_{i,k_i} \hat{\varepsilon}_{i,t-k_i}^* + v_{it}^*, \quad (15)$$

donde  $\hat{\rho}_{i,1}, \dots, \hat{\rho}_{i,k_i}$  son los coeficientes de mínimos cuadrados ordinarios que resultan cuando

<sup>7</sup> Simulaciones de Montecarlo llevadas a cabo por Giulietti et al. (2009) indican que aún en los casos en que el número de observaciones  $T$  y el número de individuos  $N$  es grande, el nivel de significancia de la prueba de Hadri se distorsiona de manera severa cuando el supuesto de independencia no se cumple. Estas distorsiones, sin embargo, pueden ser corregidas mediante la utilización de un procedimiento de muestreo con reemplazo.

se estima el modelo AR en (11). Para asegurarse que las series  $\hat{\varepsilon}_{it}^*$  generadas por la ecuación (15) sean estacionarias, se sugiere generar un número mayor de observaciones, digamos, por ejemplo,  $T + Q$  valores, para eliminar después las primeras  $Q$  observaciones. Esta estrategia, sugerida por Chang (2004), ofrece la ventaja de hacer que la escogencia de los valores iniciales de  $\hat{\varepsilon}_{it}^*$  deje de ser importante. Para los propósitos de las estimaciones que se presentan a continuación, se escoge  $Q = 30$ . En cuarto

lugar, los residuos  $\hat{\varepsilon}_{it}^*$  se adicionan al componente determinístico de  $\mathcal{Y}_{it}$ , que en nuestro caso es  $\bar{y}_i$ , para obtener  $y_{it}^*$ , y con estas últimas se procede a calcular el estadístico de Hadri. Por último, el procedimiento descrito en las cuatro etapas anteriores se repite  $B$  veces para obtener la distribución empírica del estadístico de Hadri, y de esta forma obtener los  $p$ -valores correspondientes; para nuestros propósitos, fijamos  $B = 5000$  repeticiones.

## Bibliografía

- Baba, C. (2007). Price dispersion across and within countries: The case of Japan and Korea. *Journal of the Japanese and International Economies* 21, 237–259.
- Barón, J. (2004). La inflación en las ciudades de Colombia: Una evaluación de la paridad de poder adquisitivo. En A. Meisel (Ed.), *Macroeconomía y regiones en Colombia*, pp. 58–108. Colombia: Banco de la República.
- Barrett, C. B. (2008). Spatial market integration. En S. N. Durlauf y L. E. Blume (Eds.), *The New Palgrave Dictionary of Economics. Second Edition. Volume 7*, pp. 752–754. London: Palgrave Macmillan.
- Campbell, J. Y. y P. Perron (1991). Pitfalls and opportunities: What macroeconomists should know about unit roots. *NBER Macroeconomics Annual* 6, 141-201.
- Caner, M. y L. Kilian (2001). Size distortions of tests of the null hypothesis of stationarity: Evidence and implications for the PPP debate. *Journal of International Money and Finance* 20, 639-657.
- Carrión-i-Silvestre, J. y A. Sansó (2006). A guide to the computation of stationarity tests. *Empirical Economics* 31, 433-448.
- Chang, Y. (2004). Bootstrap unit root tests in panels with cross-sectional dependency. *Journal of Econometrics* 120, 263-293.
- Cournot, A. (1838). *Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses*. Paris, Hachette. Traducido al inglés por Bacon, T. (1897). *Researches into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth*. New York, Macmillan.
- Dickey, D. A. y W. A. Fuller (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association* 74, 427–431.
- Engel, C. y J. T. Rogers (1996). How wide is the border? *American Economic Review* 86, 1112–1125.
- Esaka, T. (2003). Panel unit root tests of purchasing power parity between Japanese cities, 1960-1998: Disaggregated price data. *Japan and the World Economy* 15, 233–244.
- Fackler, P.L. y B.K. Goodwin (2001). Spatial price analysis. En B. Gardner y G. Rausser (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. I, pp. 971-1024). Amsterdam: Elsevier Science.
- Giulietti, M., J. Otero, y J. Smith (2009). Testing for stationarity in heterogeneous panel data in the presence of cross section dependence. *Journal of Statistical Computational and Simulation* 79, 195-203.
- Hadri, K. (2000). Testing for stationarity in heterogeneous panels. *The Econometrics Journal* 3, 148-161.
- Hadri, K. y Y. Rao (2008). Panel stationarity test with structural breaks. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 70, 245-269.
- Hall, A. (1994). Testing for a unit root in time series with pretest data-based model selection. *Journal of Business and Economic Statistics* 12, 461-470.
- Iregui, A. M. y J. Otero (2011). Testing the law of one price in food markets: Evidence for Colombia using disaggregated data. *Empirical Economics* 40, 269–284.
- Iregui, A. M. y J. Otero (2013). A spatiotemporal analysis of agricultural prices: An application to Colombian data. *Agribusiness: An international journal* 29, 497–508.
- Kwiatkowski, D., P. C. B. Phillips, P. Schmidt, y Y. Shin (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics* 54, 159-178.
- Levin, A. y C. F. Lin (1992). Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties. Unpublished manuscript, University of California, San Diego, Discussion Paper No. 92-93.

- Maddala, G. S. y S. Wu (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 61, 631-652.
- Marshall, A. (1920). *Principles of Economics*. London, Macmillan.
- Parsley, D. y S.-J. Wei (1996). Convergence to the law of one price without trade barriers or currency fluctuations. *Quarterly Journal of Economics* 108, 1211-1236.
- Parsley, D. C. y S.-J. Wei (2001). Explaining the border effect: The role of exchange rate variability, shipping costs, and geography. *Journal of International Economics* 55, 87-105.
- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panel. *Cambridge Working Papers in Economics* No. 435.
- Pesaran, M. H. (2007). A pair-wise approach to testing for output and growth convergence. *Journal of Econometrics* 138, 312-355.
- Ramírez, M. T. (1999). *On Infrastructure and Economic Growth*. Ph. D. thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Stigler, G.J. (1949). *The Theory of Price*. New York: Macmillan.
- Stigler, G.J. y R.A. Sherwin (1985). The extent of the market. *Journal of Law and Economics* 28, 555-585.
- Sul, D., P. Phillips, y C. Choi (2005). Prewhitening bias in HAC estimation. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 67, 517-546.
- Yazgan, M. E. y H. Yilmazkuday (2011). Price-level convergence: New evidence from U.S. cities. *Economics Letters* 110, 76-78.
- Yilmazkuday, H. (2013). Inflation targeting, flexible exchange rates and inflation convergence. *Applied Economics* 45, 593-603.









**OBSERVATORIO DE LA  
DINÁMICA URBANO REGIONAL**  

---

---

**BOGOTÁ Y 31 MUNICIPIOS DE CUNDINAMARCA**