

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**LA ESTRUCTURA DE CAPACIDADES DE UN PAÍS EN
DESARROLLO: VALIDACIÓN DE LA TEORÍA DE LA
COMPLEJIDAD ECONÓMICA CON DATOS DESAGREGADOS DE
LAS ZONAS METROPOLITANAS DE MÉXICO**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN ECONOMÍA

PRESENTA

ANADELLA ZABINA ZEPEDA HARO

**DIRECTOR DE LA TESINA:
DR. GONZALO ALBERTO CASTAÑEDA RAMOS**

CIUDAD DE MÉXICO

AGOSTO 2016

*A mis padres, quienes me enseñaron que
si estiro la mano, puedo tocar el cielo.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y a mi hermana por apoyarme, cuidarme y quererme durante la elaboración de este trabajo y toda mi vida.

A mi asesor Gonzalo Castañeda por abrir el panorama hacia una nueva perspectiva para estudiar la economía y por todo su apoyo recibido para la elaboración de esta tesina.

Al profesor Florian Wendelspiess por su incondicional apoyo en mi formación como economista.

A mis compañeros y demás profesores que fueron piezas fundamentales en todo el proceso.

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Marco teórico	5
3. Datos.....	18
4. Estructura productiva de las zonas metropolitanas ..	21
5. Metodología	34
5.1 Validación de la teoría	34
5.2 Capacidad productiva de los indicadores.....	35
6. Resultados: validación de la teoría.....	38
6.1 Validación por estadísticas descriptivas	38
6.2 Evidencia por análisis econométricos	43
6.3 Capacidad predictiva de los indicadores de complejidad.....	47
7. Discusión y conclusiones.....	55
8. Apéndice	58
9. Referencias	62

GRÁFICOS

Gráfico 1 Índice de Complejidad Económica vs. crecimiento del PIB per cápita.	12
Gráfico 2 Espacio de productos de México 2014.....	15
Gráfico 3 Estructura productiva por zona metropolitana (2012) Ubicuidad vs. Diversidad.....	21
Gráfico 4 Ranking de complejidad económica por zona metropolitana (2012).	23
Gráfico 5 Ranking de complejidad económica potencial por zona metropolitana (2012).....	24
Gráfico 6 Perfil de exportación de la zona metropolitana de Tianguistenco (2012).....	27
Gráfico 7 Perfil de exportación de la zona metropolitana del Valle de México (2012).....	27
Gráfico 8 Exportaciones de la zona metropolitana de Teziutlán (2012).	28
Gráfico 9 Espacio de productos de la zona metropolitana de Tianguistenco (2012).....	28
Gráfico 10 Espacio de productos de la zona metropolitana de Valle de México (2012).....	29
Gráfico 11 Espacio de productos de la zona metropolitana de Teziutlán (2012).	29

Gráfico 12 Valor estratégico y complejidad económica (2012).	30
Gráfico 13 Potencial exportador de la zona metropolitana de Tianguistenco (2012).....	32
Gráfico 14 Potencial exportador de la zona metropolitana del Valle de México (2012).....	33
Gráfico 15 Gráfico 15 Potencial exportador de la zona metropolitana de Teziutlán (2012).	33
Gráfico 16 Función de distribución acumulada para corto plazo	39
Gráfico 17 Función de distribución acumulada para mediano plazo.	40
Gráfico 18 Función de distribución acumulada para largo plazo.	41
Gráfico 19 Complejidad vs. PIB per cápita por zonas metropolitanas (2012).....	48
Gráfico 20 Complejidad potencial vs. PIB per cápita por zonas metropolitanas (2012).....	49
Gráfico 21 Complejidad (2008) vs. crecimiento del PIB per cápita(2008-2012).....	52
Gráfico 22 Complejidad potencial (2008) vs. crecimiento del PIB per cápita (2008-2012).	53

TABLAS

Tabla 1 Comparativo de zonas metropolitanas.....	25
Tabla 2 Densidades en periodo t de productos con y sin transición	43
Tabla 3 Efectos marginales en los promedios asociados a la variable de densidad de los modelos logit correspondientes.....	46
Tabla 4 Resultados de regresiones de corte transversal y panel estimando el efecto de los indicadores de complejidad sobre el crecimiento del PIB per cápita	50

1. Introducción

La divergencia de crecimiento económico entre países es un fenómeno que ocurre a la par de discrepancias en la evolución tecnológica. En otras palabras, no es insólito que los países más desarrollados y con mayor crecimiento económico sean también los países que presentan cambios tecnológicos más dinámicos. Sin embargo, no queda del todo claro cómo el nivel de desarrollo tecnológico impacta en el progreso económico de cada país. La evolución tecnológica se manifiesta con la acumulación de conocimientos y capacidades requeridos para la producción de bienes y servicios. De este modo, los bienes con alto valor agregado son producidos por los países más ricos y tecnológicamente más sofisticados. Además, es importante mencionar, que la estructura productiva de estos países es muy diversificada, en comparación con la de los países en desarrollo. Esto contradice, hasta cierto punto, las teorías tradicionales del comercio internacional sobre la especialización en cuanto a abundancia de factores. Asimismo, dichas teorías sugieren que países con dotaciones de factores similares tienden a producir los mismos bienes, lo cual no sucede en la evidencia empírica.

La teoría de la complejidad económica sobre generación de capacidades, por otro lado, explica que el

desarrollo económico es el resultado de un proceso de interacción de las partes de un sistema. Analíticamente, la topología de interacción se representa como una red—denominada espacio de productos—donde los nodos son productos y los vínculos, la distancia que existe en las capacidades requeridas para cada par de productos. En otras palabras, la distancia es un indicador de las capacidades y el conocimiento productivo que suelen compartir cada pareja de bienes. Por lo tanto, si se logran cuantificar estas interrelaciones, es posible conocer la estructura productiva de cierta región y comprender cómo podría cambiar en el futuro. Es decir, la estructura productiva se identifica como el conjunto de productos (nodos) en la que un país o región es competitiva, y el desarrollo económico como su capacidad de navegación en el espacio de productos.

Asimismo, el enfoque de la complejidad económica permite una explicación alternativa sobre el desarrollo económico de los países. La literatura muestra que esta teoría tiene relevancia predictiva, pues hay una relación positiva entre los indicadores de complejidad y el crecimiento económico de mediano plazo (9-10 años). Además, estas variables explican mejor las diferencias entre los niveles de PIB entre países en comparación con las variables tradicionales, como calidad institucional, capital humano,

competitividad, entre otras. De igual manera, es posible que predigan mejor el crecimiento futuro. Entonces, si esta teoría también se logra validar para un nivel de análisis subnacional, esto conllevaría la posibilidad de realizar implicaciones de política pública regional; de tal forma que se produzca una transformación en la estructura productiva que haga posible la elaboración de bienes sofisticados, lo que daría lugar a un mayor crecimiento.

Para el caso de México, esta teoría tiene sustento empírico a nivel entidad federativa (Castañeda, 2016)¹; es decir, se ha podido corroborar la teoría del espacio de productos con el análisis de los 32 estados de la república. De este modo, es factible preguntarse si este marco teórico también tiene validez a un nivel de agregación menor. El trabajo que se presenta a continuación tiene como objetivo probar si la teoría de la complejidad económica es consistente con evidencia que se desprende de los datos de las zonas metropolitanas de México (58 ZM). Este trabajo se estructura a través de siete secciones adicionales: en la segunda se realiza una explicación del marco teórico fundamental de la complejidad y la generación de capacidades; en la tercera, se detallan los datos a utilizar para la prueba empírica; en la cuarta, se incluye una descripción empírica de las estructuras

¹ Gonzalo Castañeda (2016) Análisis de la Complejidad Económica de México, manuscrito CIDE

productivas de las zonas metropolitanas; en la quinta, se explica la metodología a emplear para la validación de la teoría; en la sexta, se muestran los resultados; en la séptima se presentan las conclusiones y las posibles implicaciones de política pública y; por último, en un apéndice se explica a detalle la construcción de las variables fundamentales para el análisis.

2. Marco teórico

Al hablar de las discrepancias de crecimiento económico entre países, la teoría neoclásica convencional sugiere que la convergencia hacia las trayectorias de países desarrollados ocurrirá en la medida en que los países en vías de serlo permitan el acceso de tecnologías extranjeras y, simultáneamente, se establezcan buenas instituciones de gobierno². No obstante, tal como explican Hausmann y Rodrik (2003)³, la evidencia empírica, particularmente para el caso de Latinoamérica, muestra que el proceso de convergencia no está garantizado. En la década de los 90, los países de esta región implementaron políticas a partir del Consenso de Washington (e.g., apertura comercial y estabilidad macroeconómica), mientras que países asiáticos como Corea del Sur no lo hicieron; no obstante, estos últimos lograron crecer a tasas más altas y sostenidas.

La teoría económica convencional no ofrece herramientas que ayuden a las empresas a identificar las inversiones apropiadas entre todas las actividades posibles. Esto es así, ya que la dotación inicial de recursos naturales y la intensidad de capital y trabajo son factores necesarios, pero no suficientes para tomar una decisión sobre inversiones productivas. Ejemplo de lo anterior es el caso de Bangladesh

² Hausmann y Rodrik (2003) Economic Development as Self-Discovery

³ Ibid

y Pakistán. Si bien ambos países son intensivos en mano de obra y tienen condiciones económicas muy similares; el primero produce y exporta sombreros mientras que el último, sábanas de algodón. ¿Cuál es la explicación detrás de la decisión de producción de un bien u otro? Asimismo, en la perspectiva neoclásica, las funciones de producción son de conocimiento común e idénticas—a no ser por la presencia de variantes tecnológicas agregadas. Sin embargo, en la realidad, mucha de la tecnología es tácita, y por ende, muy diversa. Incluso si la tecnología fuera completamente conocida, el proceso de transferencia a un nuevo contexto es altamente incierto. De este modo, lo verdaderamente interesante es entender cómo ocurre el proceso de absorción, acumulación y propagación de tecnología.

La acumulación de conocimiento productivo en un lugar es la forma más relevante de generación tecnológica en los países en desarrollo. En otras palabras, para una localidad es importante poseer máquinas o herramientas, pero es aún más importante saber cómo operar éstas. Esto es claro porque aunque haya tecnología que pueda importarse desde economías más desarrolladas, existe una parte de conocimiento que no puede traerse de otros países y tiene que generarse dentro de la región. Sin embargo, este no es un proceso trivial; la evidencia más clara de esto es la dificultad

que tienen determinados países para absorber tecnología. Para que haya conocimiento productivo debe existir la industria necesaria para que éste se desarrolle; no obstante, la industria no puede darse sin que haya un conocimiento previo. Lo anterior es un caso similar al problema del huevo y la gallina. Dado que las capacidades son producto de la acumulación de conocimiento tácito, el proceso es difícil, incluso cuando hay demanda de éstas, porque la región no necesariamente tiene la industria de dónde aprender. Entonces, es posible argumentar que los países tienden a incursionar en industrias que comparten conocimiento con las que ya se encuentran desarrolladas localmente.

En concordancia con este argumento, existen industrias que requieren más conocimiento que otras. Por ello, Hausmann, Rodrik y Hwang (2007)⁴ explican que no todos los bienes son parecidos en términos de sus consecuencias sobre el desempeño económico. Un factor clave es la existencia de externalidades de *learning by doing*, y que estos procesos no son iguales para todos los productos. La evidencia empírica muestra, en primera instancia, que los países que se especializan en bienes que suelen exportar países ricos (i.e. bienes de gran productividad) tienden a

⁴ Hausmann, Rodrik & Hwang (2007) What You Export Matters.

crecer más rápido; es decir, la naturaleza de sus exportaciones incide en su crecimiento⁵.

Hausmann y Klinger (2006) argumentan que cada producto involucra distintos insumos específicos: conocimiento, activos físicos, insumos intermedios, requerimientos laborales, infraestructura, derechos de propiedad, requerimientos regulatorios, entre otros⁶. Por lo tanto, la competitividad no sólo es una cuestión de dotación de factores. Por ejemplo, para producir alimentos o materias primas se requiere esencialmente contar con el recurso natural determinado; en cambio, para producir equipo médico de alta tecnología, es necesario contar con un conjunto de técnicas, capacidades y conocimientos previos. En otras palabras, hay productos más sofisticados que otros y solamente los países que cuenten con las capacidades necesarias para estos productos son los que se encauzan en una ruta de desarrollo.

La complejidad económica está asociada a la topología de interacción de la estructura social que permite sustentar y combinar conocimiento productivo. Economías complejas son aquellas que cuentan con una vasta cantidad de conocimiento productivo a través de grandes redes de

⁵ Hausmann, Rodrik & Hwang (2007) What You Export Matters

⁶ Hausmann & Klinger (2006) Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage

personas para lograr generar una mezcla de productos intensivos en conocimiento⁷. En contraste, economías simples son aquellas que producen pocos productos y además, estos son menos sofisticados. Ante este escenario, es posible decir que la complejidad económica es el acervo de conocimiento productivo y de tecnología de cada país. Sin embargo, ¿cómo se mide? Un reflejo de este acervo es la estructura productiva de cada país; es decir, los países elaboran lo que pueden—y no lo que quieren—producir en función de sus capacidades.

Dado lo anterior, no resulta desatinado pensar que las economías más complejas son también aquellas con mayor desarrollo tecnológico y, por consecuencia, económico. La complejidad económica es una herramienta muy relevante, ya que explica la manera en que transitan los países en su proceso de crecimiento económico. De acuerdo con Hausmann e Hidalgo (2013)⁸, la complejidad económica es una variable que explica 70% de la variación del ingreso per cápita, mientras que las variables tradicionales (calidad institucional, capital humano, competitividad, entre otras) explican todas juntas menos del 30%. Además, en diversos estudios, se ha obtenido que los indicadores de complejidad

⁷ Hausmann & Hidalgo. (2007) Building Blocks of Economic Complexity

⁸ Hausmann & Hidalgo. (2013). How Will The Netherlands Earn Its Income 20 Years From Now? A Growth Ventures Analysis For The Netherlands Scientific Council For Government Policy.

tienen una relación estadísticamente significativa con el crecimiento económico en el mediano plazo. El Gráfico 1 muestra que hay una relación positiva entre complejidad y crecimiento de PIB per cápita de diversos países del mundo.

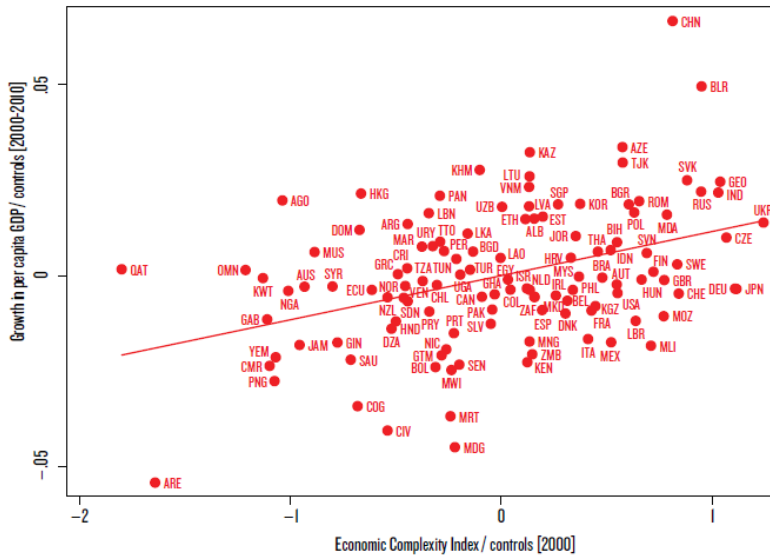
En cuanto al crecimiento económico, Hausmann, Hidalgo et al. (2013)⁹ hacen regresiones donde la variable dependiente es el crecimiento económico en tres décadas (1978-1988, 1988-1998 y 1998-2008). Ellos encuentran que al incluir como variables de control el nivel de ingreso inicial y el incremento en las exportaciones de recursos naturales, se tiene una R^2 de 28%. En cambio, cuando se incluyen indicadores de complejidad, el modelo con la R^2 más pequeña es de 43% (Índice de Complejidad Económica y su interacción con el logaritmo del PIB per cápita) y el más grande de 58% (Índice de Complejidad Económica, su interacción con el logaritmo del PIB per cápita y el incremento en exportaciones). En seguimiento con lo anterior, ellos hacen regresiones con variables tradicionales: calidad institucional y capital humano. Esto porque los indicadores de complejidad no son rivales a estas variables, incluso, puede decirse que enfatizan diferentes aspectos de una misma realidad.

⁹ Hausmann, Hidalgo, et al. (2013).

En cuanto a la calidad institucional, los autores utilizan los Indicadores Mundiales de Gobernabilidad (estabilidad política, control de corrupción, etc.) y encuentran que el Índice de Complejidad Económica captura 10.5% más de la varianza del modelo que cuando se utilizan estos seis indicadores combinados. No obstante, lo anterior no significa que la calidad institucional no sea importante para el crecimiento, sino que los aspectos que realmente importan se reflejan en las actividades productivas de los países y, por tanto, en el indicador de complejidad. Respecto del capital humano, el enfoque tradicional (años de escolaridad, desempeño en pruebas, etc.) busca medir cuánto del mismo conocimiento tiene una sociedad. Por el otro lado, la complejidad mide la diversidad del conocimiento productivo para el cual las típicas habilidades escolares son una aproximación pobre. Ejemplo cotidiano de lo anterior es que al buscar empleo resulta a veces más importante la experiencia laboral que la académica, porque al trabajar—o producir—se crea conocimiento tácito que no se trasmite en la escuela. Asimismo, existen países con niveles de educación muy similares pero niveles de ingreso muy distintos; por ejemplo, México y Mongolia. Una explicación viable para la divergencia en ingresos es que el primero es una economía mucho más compleja que la segunda.¹⁰

¹⁰ Hausmann, Hidalgo, et al. (2013). The Atlas of Economic Complexity.

Gráfico 1 Índice de Complejidad Económica vs. crecimiento del PIB per cápita



Fuente: The Atlas of Economic Complexity.¹¹

Con el propósito de definir una métrica para la complejidad económica de determinado lugar Hausmann e Hidalgo (2007)¹² introducen dos conceptos importantes: diversidad y ubicuidad. La diversidad de un país es el número de diferentes bienes que puede producir competitivamente. Países con mayor crecimiento tienen lo necesario para producir un conjunto más diverso de bienes. La ubicuidad de un producto proviene de su recurrencia en el mercado

¹¹ The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web:

<http://atlas.cid.harvard.edu/>

¹² Hausmann & Hidalgo. (2007) Building Blocks of Economic Complexity

internacional; es decir, cuántos países en el mundo son capaces de producirlo. De este modo, es posible decir que diversidad y ubicuidad tienen una relación negativa. Por ejemplo, un país que produce un bien que sólo pocos países lo producen (baja ubicuidad), es un país que tiene una amplia gama de conocimiento productivo y, por lo tanto, es capaz de producir una gran variedad de bienes (alta diversidad). Al tener en cuenta que cada una de estas variables por separado tiene sesgo que limita su potencial como indicador de complejidad, se sugiere corregir diversidad por ubicuidad y viceversa. Por ejemplo, países africanos ricos en recursos naturales muy escasos como diamantes u otros minerales van a tener un índice bajo de ubicuidad, pero su canasta productiva no será diversa. Después de varias iteraciones se converge a dos medidas: Índice de Complejidad Económica (ICE) e Índice de Complejidad de Producto (ICP). El primero mide la estructura compleja de un país y el otro, la de un producto (sofisticación).

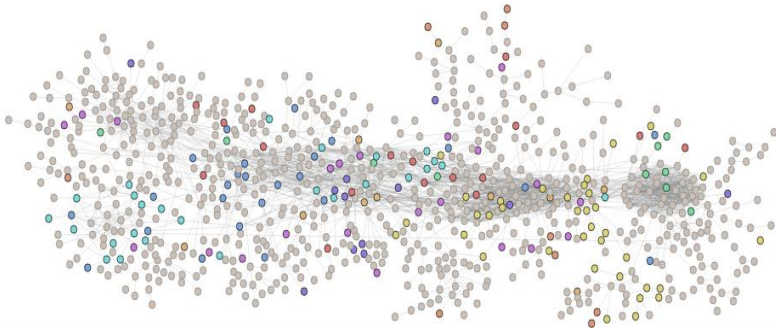
Una vez descrito lo anterior, es relevante preguntarse si la complejidad económica de un país puede transformarse. Esto es posible en la medida en que un país sea capaz de elaborar productos cada vez más complejos. Sin embargo, para que esto ocurra se necesita nuevo conocimiento productivo y este proceso es costoso. Ante esto, los países

van a incursionar en productos cercanos a su canasta productiva actual. Por ejemplo, si ya producen aguacate, es viable que puedan producir limón, ya que comparten capacidades (son productos cercanos); no obstante, es muy poco probable que si producen aguacate puedan producir automóviles (son productos lejanos). En pocas palabras, la distancia entre productos proviene de la probabilidad de que ambos productos coexistan en un número considerable de países

La representación visual del argumento anterior se denomina espacio de productos y se muestra en el Gráfico 2, ésta es una herramienta desarrollada por Hidalgo, Klinger, Barabásil y Hausmann¹³. En esta red, cada nodo es un producto y, por lo general, el tamaño se determina por su participación dentro del comercio mundial. El color corresponde a su comunidad (verde es textiles, amarillo es agricultura, morado es químicos y plásticos, etc.) De este modo, los productos de la periferia son los que están débilmente conectados con otros productos. En consecuencia, la habilidad de los países de diversificar y moverse hacia nodos más complejos depende crucialmente de su locación inicial en el espacio de productos.

¹³ C. Hidalgo, B. Klinger, A. Barabásil & R. Hausmann. (2007) *The Product Space Conditions the Development of Nations*

Gráfico 2 Espacio de productos de México 2014



Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México. El espacio de productos es el mismo para toda la economía mundial. Los nodos coloreados representan los productos en que México tiene una participación relevante dentro del mercado mundial.¹⁴

A partir de lo anterior, es fundamental considerar el concepto de *densidad* que introducen Hausmann y Klinger (2006)¹⁵ y depuran Hidalgo, Klinger, Barabasi y Hausmann (2007)¹⁶. Con esta métrica es posible estimar las capacidades compartidas entre el nuevo producto (i) y las asociadas a los productos existentes (j) a partir de la suma de coeficientes de proximidad (φ_{ij})¹⁷

¹⁴ Atlas de Complejidad Económica (2015). México. 20 de noviembre del 2015, de Atlas de Complejidad Económica Sitio web:

<http://complejidad.datos.gob.mx/#/location/0>

¹⁵ Hausmann & Klinger (2006) Structural transformation and patterns of comparative advantage

¹⁶ C. Hidalgo, B. Klinger, A. Barabási & R. Hausmann. (2007) The Product Space Conditions the Development of Nations

¹⁷ φ_{ij} proviene de los coeficientes de co-ocurrencia que se calculan a partir de matrices de proximidad. Proviene de los coeficientes de correlación de Pearson.

$$\omega_j = \frac{\sum_i X_i \varphi_{ij}}{\sum_i \varphi_{ij}} \quad (1)$$

La importancia de esta métrica reside en que al medir la cercanía entre cada par de bienes en el espacio de productos, es posible predecir qué otros nodos (industrias) se van a desarrollar en el mediano y largo plazo. En otras palabras, el coeficiente de proximidad explica cuáles son las capacidades compartidas entre productos y, por tanto, la variable densidad define qué industrias podrían desarrollarse de manera competitiva en consideración de las capacidades actuales. Por otra parte, es importante introducir el concepto de valor estratégico o índice de complejidad potencial (ICPO)¹⁸, el cual mide la cercanía que tiene un bien con otros productos relativamente complejos. Asimismo, es factible pensar que el ICPO tiene cierta relación con el ICE; es decir, cuando en el presente una economía tiene muchas opciones viables para transitar dentro del espacio de productos, en el futuro su complejidad crecerá. No obstante, ¿cuál es la importancia de ser una economía compleja en términos del desempeño de los países? Tal como establecen Hausmann,

¹⁸ La construcción de los índices de complejidad se explica a mayor detalle en el apéndice.

Hidalgo et al.¹⁹, el desarrollo económico no es reflejo de la complejidad económica, realmente es el vehículo.

¹⁹ The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web: <http://atlas.cid.harvard.edu/>

3. Datos

Los datos a utilizar son los del Atlas de Complejidad Económica de México²⁰. Este atlas recopila datos sobre las exportaciones, empleo y salarios del país, a nivel entidad federativa, zona metropolitana y municipio. De este modo, se obtiene información sobre los indicadores de complejidad de determinada región. La muestra es de 58 zonas metropolitanas y 1,240 productos en un periodo de 10 años (2004-2014). Por otro lado, los datos de la actividad productiva sólo están disponibles para 4 años (2008-2012), esto ocurre porque el INEGI no genera información sobre el PIB municipal. La base de datos que se utilizó para esta variable es la que crea el Instituto Mexicano de la Competitividad²¹ a partir de estimaciones de los censos económicos. En cuanto a los datos de producción de bienes, es importante mencionar que análogamente con el Atlas de

²⁰ Atlas de Complejidad Económica (2015). México. 20 de noviembre del 2015, de Atlas de Complejidad Económica Sitio web:

<http://complejidad.datos.gob.mx/>

²¹ Índices de Competitividad. Índice de Competitividad Urbana 2014 (2014). México. 18 de marzo del 2016, de Instituto Mexicano de la Competitividad Sitio web: <http://imco.org.mx/indices/#/>. Primeramente, de los indicadores del BIE del INEGI, se calculó el crecimiento trimestral por sectores. Después se tomó la información del Censo Económico 2009 de los mismos sectores y se calculó el valor de cada sector para cada zona metropolitana asumiendo que cada sector creció al mismo nivel que el nacional. Por último, se sumaron todos los sectores de cada ciudad.

Complejidad Económica²² se utiliza la clasificación de Comtrade de las Naciones Unidas con el propósito de que los datos entre países sean comparables.

Las variables necesarias para el análisis son densidad, índice de complejidad del producto (ICP), índice de complejidad de la economía (ICE), índice de complejidad potencial (ICPO) e índice de complejidad potencial del producto (ICPOP). La construcción detallada de éstas se especifica en el apéndice. Tal como se explicó en la sección anterior, la variable densidad mide la cercanía entre los nodos; es decir, la probabilidad de producir el producto *i* dado que se produce el producto *j*. El ICP es una métrica que explica qué tantas capacidades son necesarias para producir determinado bien. Análogamente, el ICE es el promedio de los ICP de todos los productos que determinada región produce con una ventaja comparativa revelada²³ (VCR) mayor a 1. El ICPO, también denominado coeficiente de valor de oportunidad, es un indicador por región y representa el nivel de complejidad de todos los productos que actualmente no produce este país, ponderado por la cercanía

²² The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web:

<http://atlas.cid.harvard.edu/>

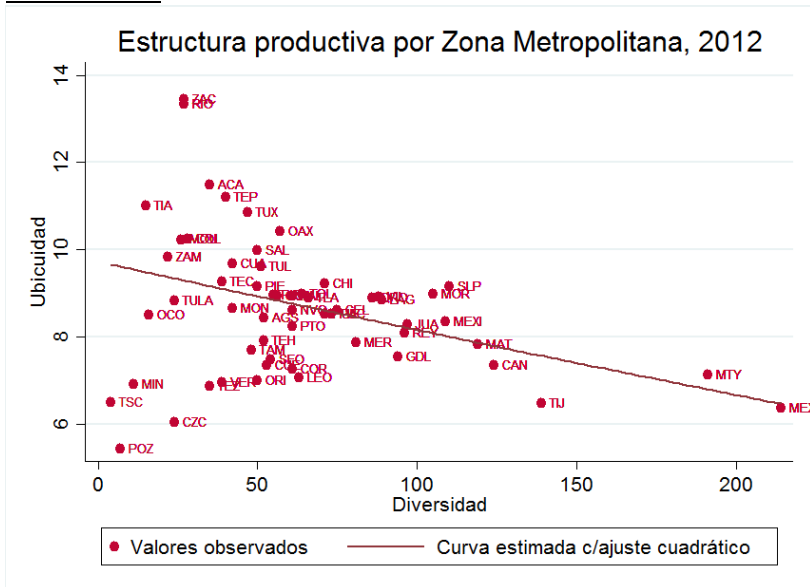
²³ Ventaja Comparativa Revelada es mayor a 1 cuando la exportación en determinada región de ese producto en proporción al resto de la canasta de exportaciones es mayor que la exportación en proporción a la canasta mundial

que tienen estos bienes a la canasta de exportaciones actual. En cuanto al ICPOP, o ganancia de oportunidad, es el beneficio potencial de un país de moverse hacia un nuevo nodo particular. Es decir, mide la ganancia que da un bien a una región cuando ésta lo produce.

4. Estructura productiva de las zonas metropolitanas

Debido a que los productos son vehículos de conocimiento tácito, resulta interesante conocer cómo es la estructura del conocimiento productivo de determinada región. A continuación se lleva a cabo un análisis descriptivo de esta estructura en las zonas metropolitanas del país.

Gráfico 3 Estructura productiva por zona metropolitana (2012) Ubicuidad vs. Diversidad



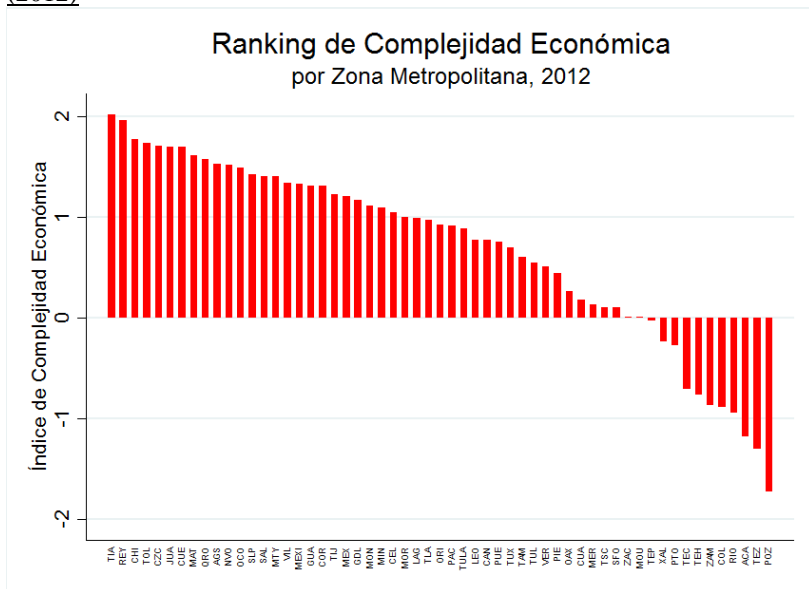
región es más compleja entre más diversa sea su canasta de productos y, al mismo tiempo, menos ubicua. El Gráfico 3 muestra esta relación negativa para las 58 zonas metropolitanas en el 2012.

La zona metropolitana del Valle de México (MEX) es un ejemplo claro de una canasta productiva compleja porque es diversa y poco ubicua—aunque no es necesariamente la más compleja. En esta zona se contabiliza la producción del Distrito Federal y algunos de los municipios industriales del Estado de México. En cambio, zonas como Poza Rica (POZ) o Coatzacoalcos (CZC), a pesar de contar con bienes poco ubicuos, su canasta es poco diversa. Lo anterior no es sorprendente, principalmente porque éstas son zonas metropolitanas petroleras y por tanto, se concentran únicamente en este tipo de bienes para los cuales se necesita esencialmente el recurso natural y, por lo tanto, no se pueden producir otros bienes al carecer de capacidades. Incluso, basta con observar el espacio de productos, los bienes pertenecientes a la clasificación de aceites de petróleo se encuentran en la periferia, lo que implica que se trata de productos poco sofisticados que no hacen uso de muchas capacidades.

El Gráfico 4 muestra que estas zonas son muy poco complejas, incluso tienen valores negativos y muy lejos de la

media nacional (0.68). Para el caso de la zona del Valle de México, es claro que no es de las zonas más complejas, en comparación con Tianguistenco, Estado de México (1° lugar en el ranking). Ante este escenario es importante considerar el ranking de la complejidad potencial, donde la zona del Valle de México ocupa el primer lugar y Tianguistenco el lugar 43. Sin embargo, ¿por qué sería importante considerar también el índice de complejidad potencial y no sólo el índice de complejidad?

Gráfico 4 Ranking de complejidad económica por zona metropolitana (2012)



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

Tabla 1 Comparativo de zonas metropolitanas

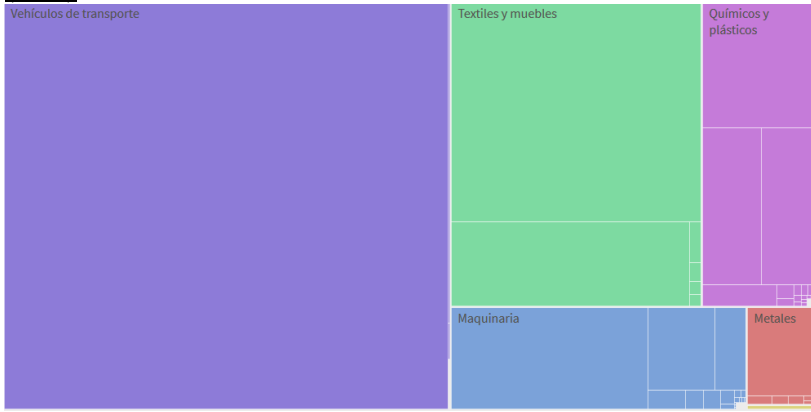
	Bienes producidos competitivamente	ICP	ICPO
Tianguistenco	15	2.04	17.66
Valle de México	212	1.21	158.18
Teziutlán	35	-0.96	3.44

Tal como lo muestra la Tabla 1, Tianguistenco tiene 15 productos con ventaja comparativa revelada mayor a 1 en el 2012, Valle de México tiene 212 y Teziutlán tiene 35. En este caso, es claro que la complejidad económica no depende sólo en el número de bienes que se produzcan (diversidad), sino en la complejidad de cada uno de ellos. De este modo, los productos de la zona metropolitana de Tianguistenco tienen una complejidad promedio de 2.04, la del Valle de México 1.21, y los de Teziutlán -0.96. Los Gráficos 6, 7 y 8 muestran el perfil de exportación de cada una de estas zonas, respectivamente. Estos respaldan los resultados del Gráfico 3: el perfil exportador más diverso es del Valle de México, secundado por Tianguistenco y por último, Teziutlán. El hecho que Tianguistenco aparezca primero que el Valle de México en el ranking de complejidad tiene que ver con que sus productos son muy sofisticados—aunque sean menos—elevando el promedio de la complejidad de los productos con $VCR > 1$. Por ejemplo, entre su canasta de exportación, Tianguistenco produce polímeros de acrílico, los cuales son

los productos con el mayor índice de complejidad en el país (5.78), mientras que Valle de México produce algodón cardado²⁵, el cual tiene uno de los más bajos (-4.11). Lo anterior es claro también en los Gráficos 9, 10 y 11, estos son el espacio de productos para cada una de estas zonas, respectivamente. Valle de México es la zona que ocupa más nodos en el espacio y con mayor dispersión; mientras que Tianguistenco es la que ocupa menos—aunque produce los bienes más complejos. Del mismo modo, Teziutlán ocupa un número intermedio entre estas dos aunque se concentra en productos poco complejos (textiles y muebles). La ocupación inicial de nodos en el espacio de productos es fundamental pues va a determinar cómo se van a ocupar nuevos nodos en un futuro; es decir, cómo va a modificarse la estructura productiva de determinada región.

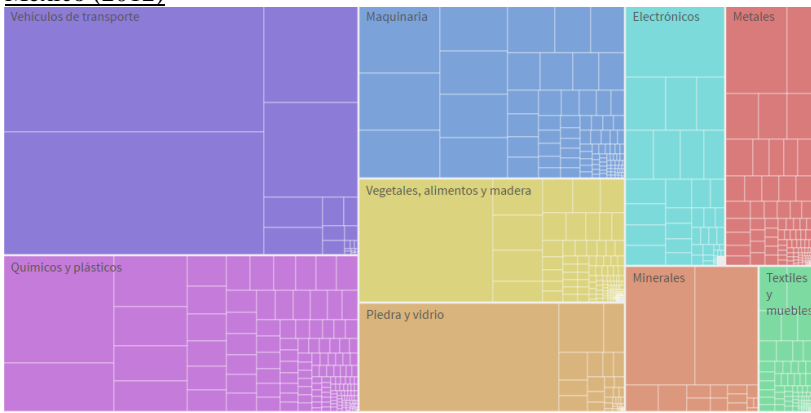
²⁵ Algodón cardado o peinado se refiere a algodón preparado para la hilatura

Gráfico 6 Perfil de exportación de la zona metropolitana de Tlanguistenco (2012)



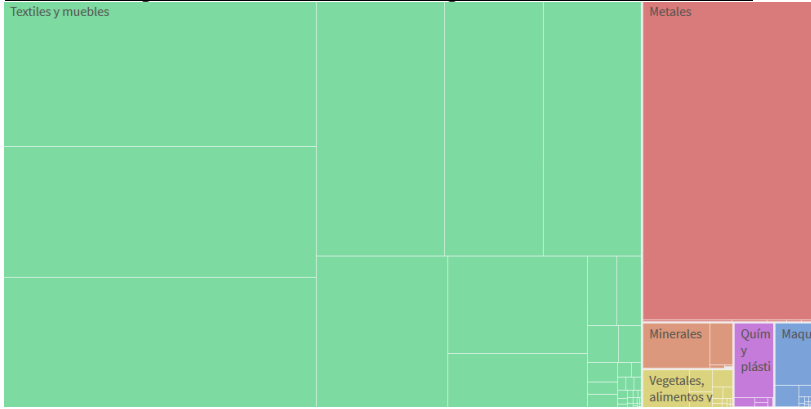
Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 7 Perfil de exportación de la zona metropolitana del Valle de México (2012)



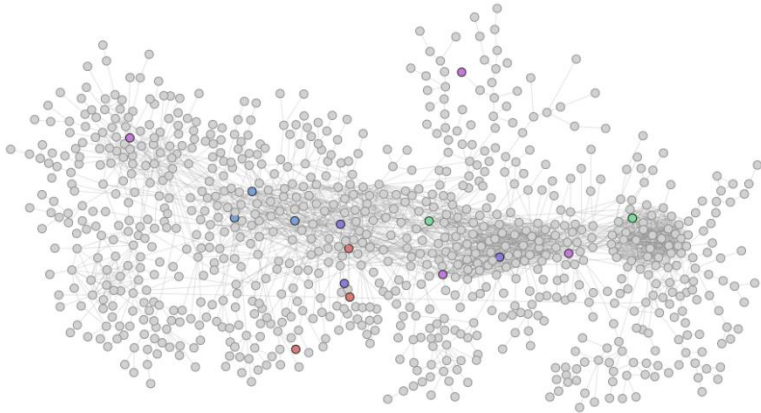
Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 8 Exportaciones de la zona metropolitana de Teziutlán (2012)



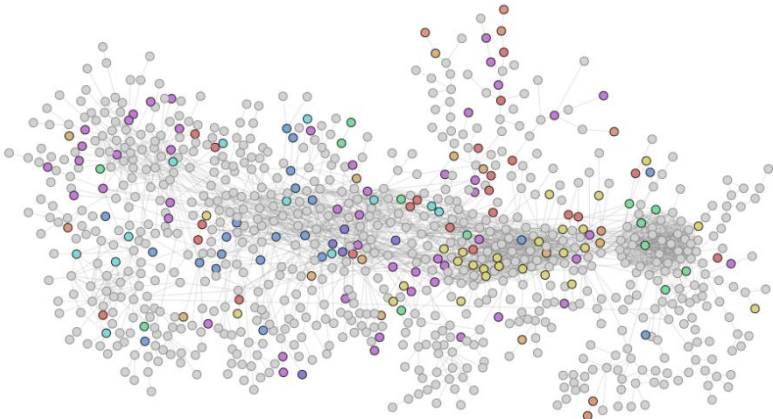
Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 9 Espacio de productos de la zona metropolitana de Tianguistenco (2012)



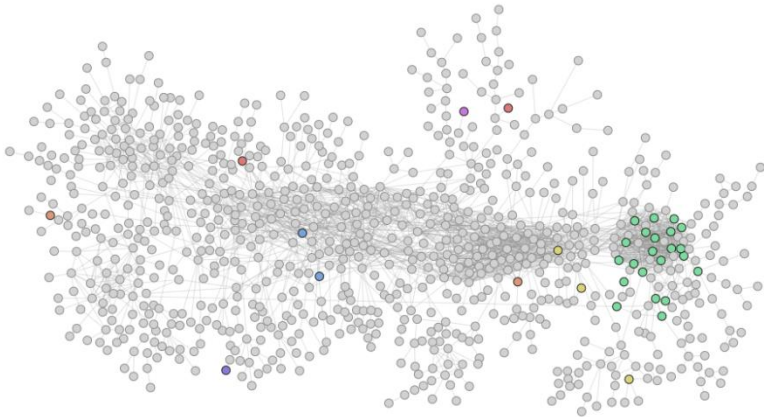
Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 10 Espacio de productos de la zona metropolitana de Valle de México (2012)



Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 11 Espacio de productos de la zona metropolitana de Teziutlán (2012)

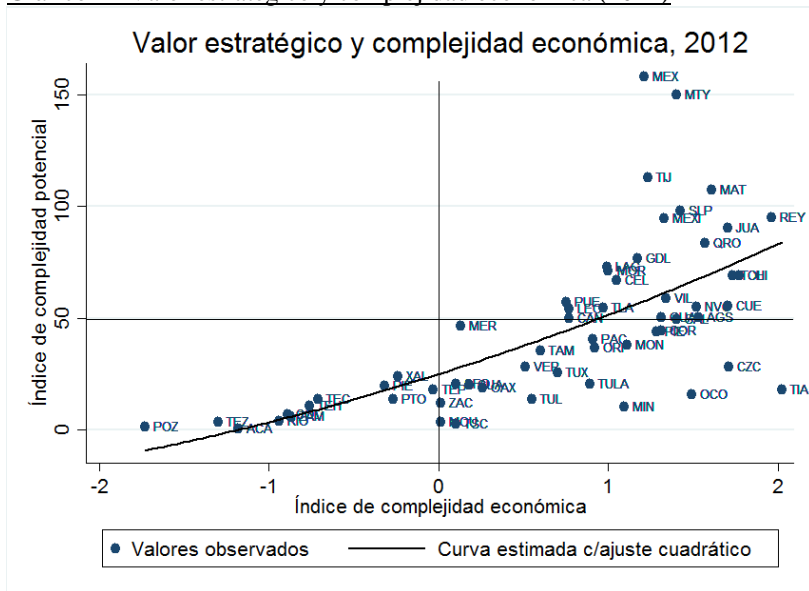


Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Entre los indicadores de complejidad económica y de complejidad potencial existe una relación positiva (ver Gráfico 12). Esto ocurre porque, por una parte, economías muy complejas tienen pocas oportunidades de ocupar nodos nuevos porque quedan pocos disponibles

($ICPO_{Tianguistenco}=17.66$). Por otra parte, las regiones poco complejas cuentan con pocas capacidades para transitar hacia nuevos nodos ($ICPO_{Teziutlán}=3.44$). De este modo, las localidades con complejidad media son las que tienen una complejidad potencial alta, tal como se muestra en el Gráfico 5, y es el caso del Valle de México $ICPO_{Valle\ de\ México}=158.18$. En los Gráficos 13, 14 y 15 se muestran los nodos que cada zona puede ocupar dados los nodos ocupados actuales.

Gráfico 12 Valor estratégico y complejidad económica (2012)



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

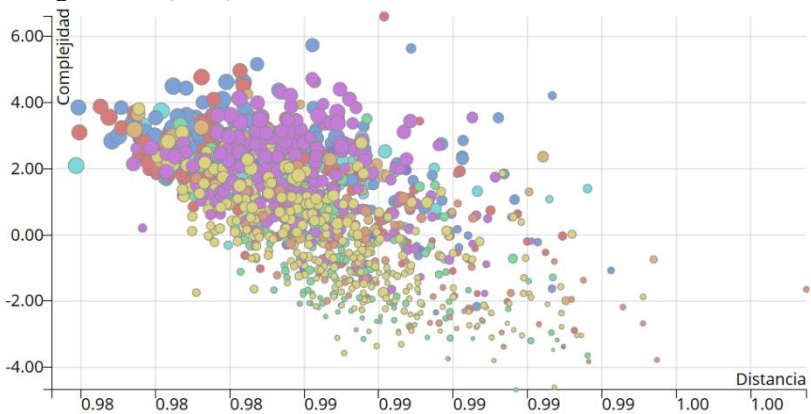
El escenario ideal en este diagrama de potencial exportador es el de un producto con complejidad alta pero con baja—corta—distancia, pues como se mencionó

anteriormente, una región no va a producir los bienes que quiera, sino los que pueda de acuerdo con las capacidades que posea. Entonces si el producto está cerca, es factible que se produzca, tal como se probará más adelante. Además, podría decirse que el ICPO de un periodo determinado tiene una relación positiva con el ICE de un periodo futuro; es decir, si ahora una economía tiene un índice de complejidad potencial alto, es de esperarse que en el futuro su índice de complejidad sea también alto. Aunque, lo anterior no se cumplirá ciertamente para las zonas metropolitanas que están en el cuarto cuadrante (ver Gráfico 12); es decir, las que tienen una complejidad alta pero un bajo valor de oportunidad. Asimismo, cabe recalcar que en el segundo cuadrante no hay observaciones, esto ocurre porque es improbable que una región con baja complejidad tenga oportunidades de producir nuevos bienes.

En continuación con el argumento anterior, al comparar los potenciales exportadores de Tianguistenco (cuarto cuadrante), Valle de México (primer cuadrante) y Teziutlán (tercer cuadrante), queda clara la relación positiva que hay entre el índice de complejidad potencial y el índice de complejidad. Cabe mencionar que los gráficos 13, 14 y 15 no están a la misma escala, esto para que sean ilustrativos y puedan apreciarse la distribución de los nodos disponibles. El

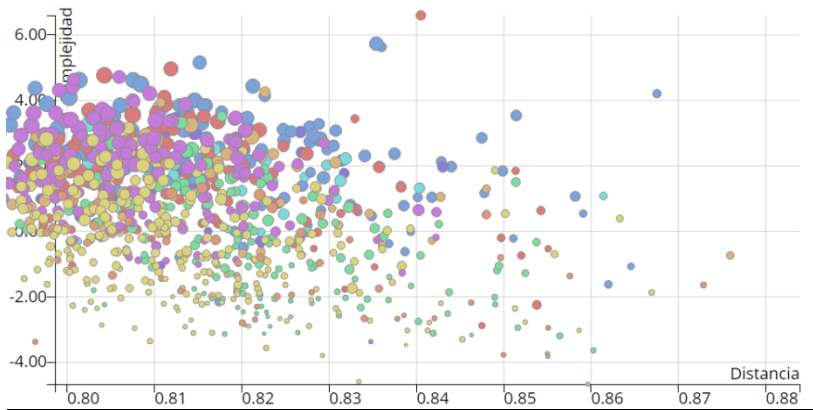
panorama más optimista lo tiene la segunda, pues son varios los nodos que puede ocupar, y además están a una distancia relativamente corta y cuentan con una complejidad elevada—muy por encima de la complejidad de Tianguistenco. Para el caso de Teziutlán, a pesar de que hay varios productos, hay una relación negativa entre complejidad y distancia; es decir, los productos más cercanos a ocupar son los menos complejos. En las siguientes secciones se probará que a menor distancia—mayor densidad—es más factible que se expanda la canasta productiva y se ocupen nuevos nodos en el espacio de productos.

Gráfico 13 Potencial exportador de la zona metropolitana de Tianguistenco (2012)



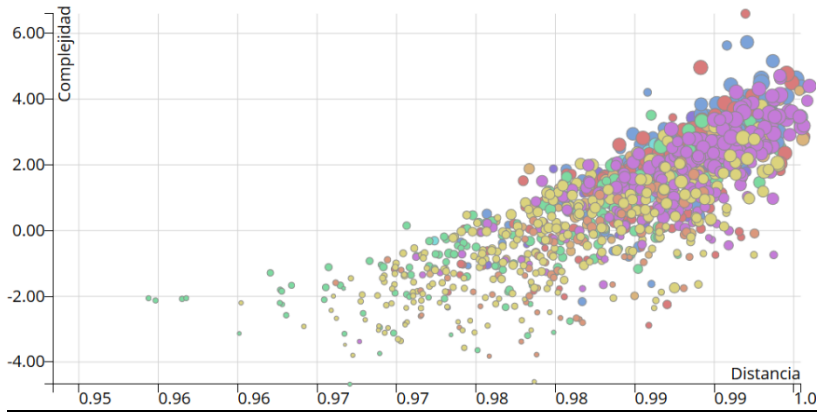
Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 14 Potencial exportador de la zona metropolitana del Valle de México (2012)



Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 15 Gráfico 15 Potencial exportador de la zona metropolitana de Teziutlán (2012)



Fuente: Atlas de Complejidad Económica de México.

5. Metodología

5.1 Validación de la teoría

El propósito de esta sección es analizar si un producto que no era producido competitivamente en el periodo t por una zona metropolitana logra serlo en $t+\tau$. De acuerdo con la teoría, esta transición es más factible en la medida en que el producto es próximo a las capacidades disponibles en la región. La variable a analizar es la métrica de densidad en el periodo inicial; es decir, se obtienen las distribuciones acumuladas de la densidad para los productos que transitaron y los que no lo hicieron, donde la transición se define de la siguiente manera:

	t	$t+\tau$
Transición=0	VCR<0.5	VCR<1
Transición=1	VCR<0.5	VCR \geq 1

(2)

En otras palabras, un producto transita cuando en el periodo t no se producía (no ocupaba un nodo en el espacio de productos) y en el periodo $t+\tau$ sí se produce. De este modo, el resultado esperado es que la métrica de densidad para los productos que transitan sea mayor a la de los que no lo hacen. Asimismo, se espera que la función de distribución esté más cargada hacia la derecha. Conforme aumenta el periodo de análisis (1, 4 y 8 años) esta diferencia tendría que

hacerse más notoria en la medida en que los procesos de aprendizaje logren consumarse.

El siguiente paso es formalizar la evidencia empírica encontrada, a partir de análisis econométricos, en donde la variable independiente es la métrica de densidad y la dependiente una variable binaria de transición. De esta manera, se plantea un modelo *logit* como se describe a continuación:

$$P(\text{transición} = 1|X) = G(X\beta) \quad (3)$$

Donde X es la variable de interés (ω_j , densidad) y las variables de control son ICP, ICE, ICPO e ICPOP. La función $G(X\beta)$ cuantifica la probabilidad de que el producto transite. Análogo al análisis por medio de la distribución acumulada, la validación se hace para diferentes periodos de tiempo (corto, mediano y largo plazo). La hipótesis nula es que el coeficiente asociado a la métrica de densidad sea positivo y significativo ($H_0: \beta_{\omega_j} > 0$).

5.2 Capacidad productiva de los indicadores

Por último, para complementar el análisis de este trabajo, se busca probar si efectivamente los indicadores de complejidad tienen una capacidad predictiva sobre el crecimiento económico. Para ello, se utilizan datos agregados al nivel de área metropolitana. La variable dependiente es el crecimiento del PIB per cápita de 2008 al 2012, donde la principal

variable independiente de interés es el ICE. Sin embargo, se incluirá el nivel del PIB per cápita inicial y el ICPO, la primera como control y la segunda para estudiar el efecto de ésta sobre el crecimiento económico. El análisis se llevará a cabo con datos de corte transversal y de panel de dos años (2008-2010, 2010-2012). En pocas palabras, el modelo principal es el siguiente:

$$TC = \beta_0 + \beta_1 PIB + \beta_2 ICE + \beta_3 ICE^2 + \beta_4 ICPO + \beta_5 ICPO^2 \quad (4)$$

En este caso, TC es la tasa de crecimiento durante 2008-2012 y las variables independientes se definen en el periodo inicial (2008). El nivel de observación es la zona metropolitana; es decir, se consideran exclusivamente 58 observaciones por año.

Los resultados que se esperan de acuerdo con la teoría, es que el coeficiente asociado al ICE inicial sea positivo y estadísticamente significativo; es decir, que las economías crecen más rápido cuando son más complejas. En cuanto al ICPO, se espera que su coeficiente sea negativo y el de su término cuadrático, positivo. Lo anterior porque las economías con un ICPO bajo son, por un lado, las desarrolladas porque ya no tienen muchos nodos disponibles para ocupar y, por otro lado, las economías pobres porque dadas las pocas capacidades con las que cuentan, tampoco pueden producir nuevos productos. Asimismo, se espera que

la R^2 de los modelos sea grande; es decir, que explique una proporción importante de la varianza del crecimiento económico entre regiones metropolitanas. No obstante, por la naturaleza y limitación de los datos, es posible que los resultados no sean significativos, pues en trabajos previos el lapso de tiempo para el crecimiento económico es al menos diez años.

6. Resultados: validación de la teoría

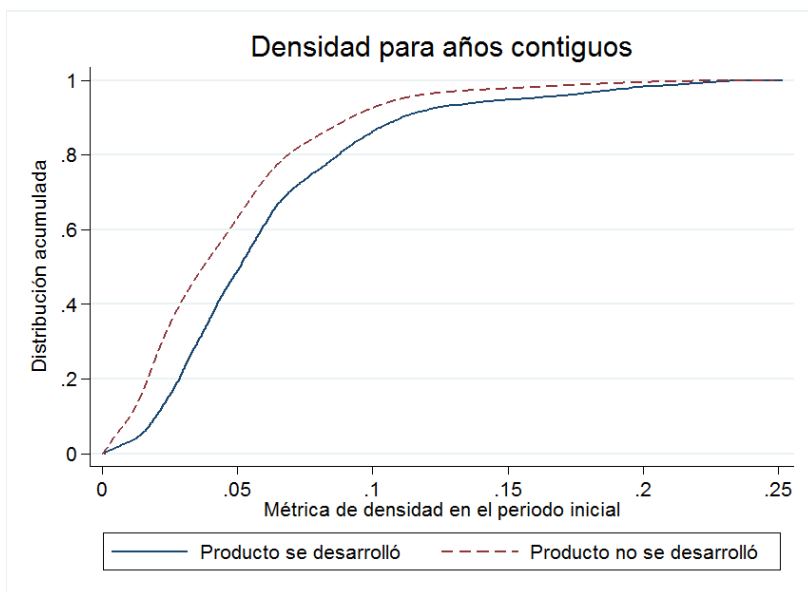
La métrica de densidad se puede interpretar como la distancia, o la cercanía, que existe entre los nodos del espacio de productos no explotados y el perfil de exportación de una zona. En otras palabras, representa las capacidades disponibles en la región (i.e. nodos con $VCR > 1$). Tal como se explica en la sección de metodología, la variable de interés en este apartado es la densidad; por lo tanto, se analiza qué tanto afecta la densidad del producto a la probabilidad de que éste se desarrolle.

6.1 Validación por estadísticas descriptivas

Primeramente, el análisis se hizo con las distribuciones acumuladas para diferentes plazos: corto (1 año), mediano (4 años) y largo plazo (8 años). Los Gráficos 12, 13 y 14, respectivamente, muestran la distribución acumulada de la métrica densidad en el periodo inicial del tiempo de los productos que transitaron (y no transitaron); es decir, que su VCR (ventaja comparativa revelada) en el periodo inicial era menor a 0.5 y en el periodo $t+\tau$ es mayor o igual a 1 (menor a 1). En los tres casos, tal como era de esperarse, la distribución de los productos que transitaron (línea continua) y la de los que no lo hicieron (línea punteada) es distinta y además, está más cargada hacia la derecha; es decir, la probabilidad se acumula más rápidamente para los productos que no se desarrollaron en el periodo $t+\tau$. Asimismo, como

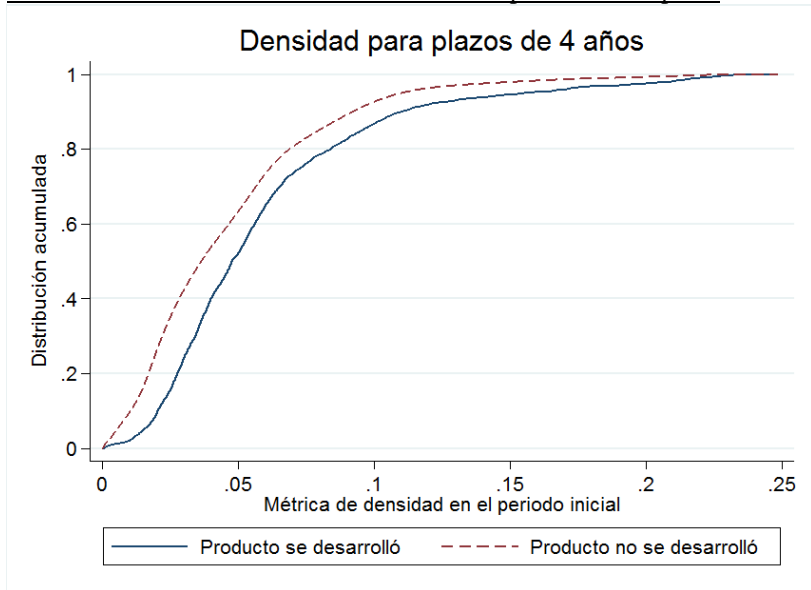
era la expectativa, las distribuciones son más distantes entre sí conforme aumenta el periodo de análisis. Por ejemplo, es claro en ciertos intervalos de la gráfica que la línea continua en el Gráfico14 está mucho más lejos de la línea segmentada que en el caso del Gráfico 16. Lo anterior, es porque conforme pasa más tiempo entre los periodos de análisis, es más probable que los productos transiten dado el proceso de aprendizaje de capacidades.

Gráfico 16 Función de distribución acumulada para corto plazo



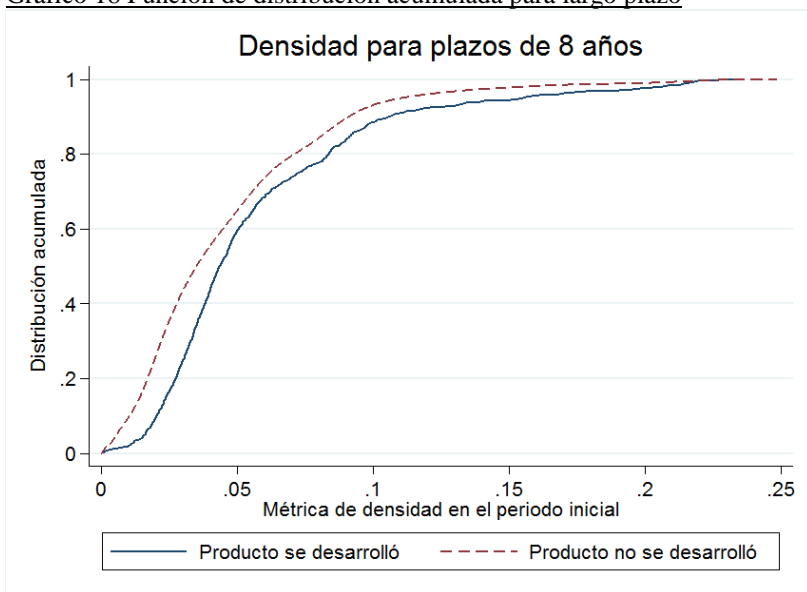
Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 17 Función de distribución acumulada para mediano plazo



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

Gráfico 18 Función de distribución acumulada para largo plazo



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

La Tabla 2 muestra la estadística descriptiva de los productos que transitaron y la de los que no lo hicieron, respectivamente. En primer lugar, es claro que la métrica de densidad, en los tres periodos de análisis es mayor en promedio para los productos que transitaron en comparación con los que no lo hicieron. Asimismo, la diferencia entre los valores mínimos de cada grupo es considerable. Del mismo modo, la desviación estándar entre las observaciones con transición es mayor que entre las observaciones sin transición. Es decir, en la muestra con transición, las observaciones se alejan más de la media en el extremo derecho de la distribución. Para completar de sustentar estos

resultados, el último renglón de la tabla muestra una prueba T de promedios idénticos; es decir, se respalda que las medias no son iguales.

Del mismo modo, es importante recalcar que las observaciones que transitan son considerablemente menos que las que no lo hicieron. Esto ocurre porque el proceso de adquisición de capacidades para producir nuevos productos—ocupar nuevos nodos en el espacio de productos—es un proceso lento y nada trivial. Asimismo, conforme aumenta el periodo de análisis aumenta la proporción de los productos que transitaron a los que no. Esto no se ve así en términos absolutos, pues el largo plazo es el que tiene menos productos con transición. No obstante, cuando se toman en cuenta las proporciones, en el corto plazo transitan 0.06% de las observaciones, en el mediano 1.35% y en el largo 1.92%.

Tabla 2 Densidades en periodo t de productos con y sin transición

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
Corto plazo					
Densidad en t con transición	4348	0.0607896	0.0426948	0.0006473	0.2513966
Densidad en t sin transición	665053	0.0458751	0.0361403	0.0000100	0.2485359
Mediano plazo					
Densidad en t con transición	1785	0.0640870	0.0430092	0.0006817	0.2320827
Densidad en t sin transición	132162	0.0451584	0.0355355	0.0000100	0.2379439
Largo plazo					
Densidad en t con transición	1261	0.0663936	0.0456945	0.0006817	0.2367594
Densidad en t sin transición	65666	0.0452232	0.0365323	0.0000100	0.2379439
Prueba de diferencia de medias					
		-0.0309406		-0.3132090	-.03056030

6.2 Evidencia por análisis econométricos

La Tabla 3 muestra los resultados del modelo *logit* de los efectos marginales asociados a la métrica de densidad del periodo inicial con la probabilidad de transitar en el periodo final ($t+\tau$). Para el Modelo 1 se incluyen como variables de control el ICPO (índice de complejidad potencial), ICPOP (índice de complejidad potencial del producto) e ICE (índice de complejidad de la economía) y para el Modelo 2, además,

el ICP (índice de complejidad del producto) y su valor cuadrático. Como era la expectativa y como lo mostró el análisis realizado a partir de las distribuciones acumuladas, para los tres periodos de análisis en los dos modelos, la variable de densidad tiene un efecto marginal positivo y altamente significativo. Es decir, entre más grande sea el valor de la densidad en el periodo inicial es más probable que el producto se desarrolle en el periodo $t+\tau$. Asimismo, el efecto marginal crece del corto al mediano plazo; pero no así en el largo plazo, lo que significaría que quizás basta 4 años (mediano plazo) para que haya un desarrollo de capacidades productivas de modo que los productos transiten.

Del mismo modo, se observa que el resto de los indicadores de complejidad, a excepción del ICP y su valor cuadrático, son altamente significativos. Para el caso de ICPO, el signo asociado es negativo, lo que significa que a mayor valor de oportunidad que tenga un país es menos probable que transite a un nodo específico. Por otro lado, el ICPOP tiene un signo positivo, porque a mayor ganancia de oportunidad que un producto determinado le dé a una región, la probabilidad de transitar aumenta para otros productos. Sin embargo, el hecho que el ICP tenga predominantemente un signo negativo, representa que entre más complejo sea el producto es menos probable transitar. Lo cual hace sentido

porque desarrollar un producto complejo implica más capacidades y más sofisticadas. En seguimiento con esta idea, cuando una economía en su totalidad es compleja; es decir, tiene un ICE alto, entonces incrementan las posibilidades de desarrollar más productos, y por tanto, la probabilidad de que los productos transiten a lo largo del tiempo. Lo anterior es evidente porque el coeficiente asociado al índice de complejidad es positivo.

Tabla 3 Efectos marginales en los promedios asociados a la variable de densidad de los modelos *logit* correspondientes

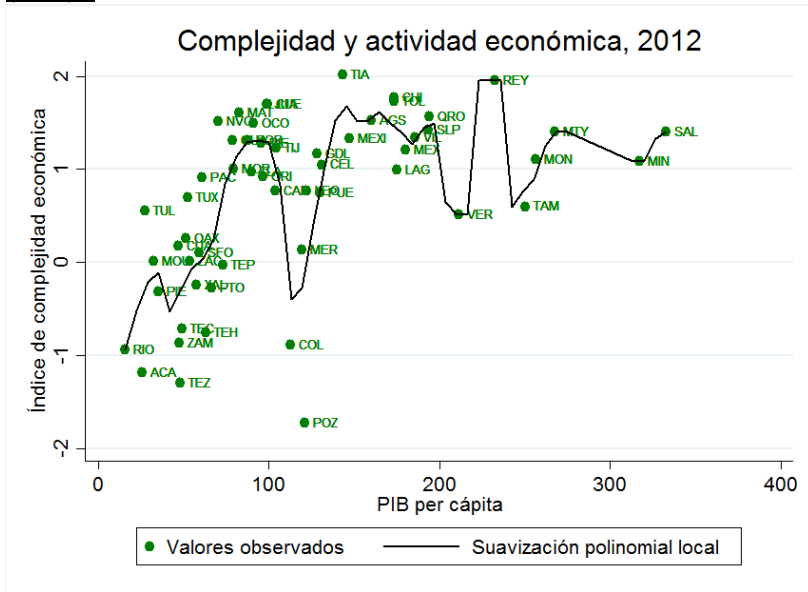
	Modelo 1			Modelo 2		
	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Densidad	0.2320*** (-0.0094)	0.5664*** (-0.0204)	0.6288*** (0.0307)	0.2310*** (-0.0094)	0.5665*** (-0.0205)	0.6273*** (-0.0308)
ICPOP	0.0020*** (-0.0002)	0.0050*** (-0.0005)	0.0060*** (0.0007)	0.0024*** (-0.0004)	0.0058*** (-0.0009)	0.0051*** (-0.0012)
ICPO	-0.0002*** (0.0000)	-0.0005*** (0.0000)	-0.0005*** (0.0000)	-0.0002*** (0.0000)	-0.0005*** (0.0000)	-0.0005*** (0.0000)
ICE	0.0013*** (-0.0002)	0.0047*** (-0.0004)	0.0047*** (0.0005)	0.0013*** (-0.0002)	0.0047*** (-0.0004)	0.0047*** (-0.0005)
PCI				0.0000 (-0.0001)	-0.0001 (-0.0002)	0.0004 (-0.0004)
PCI^2				-0.0001* (0.0000)	-0.0001 (-0.0001)	-0.0001 (-0.0001)
No. Obs	4348	1785	1261	4348	1785	1261

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1, errores estándar en paréntesis

6.3 Capacidad predictiva de los indicadores de complejidad

Uno de los resultados más importantes de la teoría de la complejidad es que existe evidencia sobre una relación positiva entre los indicadores de complejidad y el crecimiento del PIB per cápita. De este modo, resulta relevante probar si los indicadores de complejidad tienen una capacidad predictiva sobre el crecimiento económico, aunque en este caso, con los datos de las zonas metropolitanas. En primera instancia, el Gráfico 19 muestra que hay una relación positiva entre el PIB per cápita y el ICE, lo cual es consistente con la evidencia a nivel país, tal como se menciona en la segunda sección. Del mismo modo, el Gráfico 20 exhibe que hay sutilmente una relación de U invertida; es decir, los valores bajos de ICPO corresponden a las zonas con niveles de PIB per cápita bajos y altos, mientras que los ICPO altos corresponde a las regiones con PIB per cápita medios.

Gráfico 19 Complejidad vs. PIB per cápita por zonas metropolitanas (2012)²⁶



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

²⁶ Se utiliza una estimación no paramétrica porque no depende de la forma funcional

Tabla 4 Resultados de regresiones de corte transversal y panel estimando el efecto de los indicadores de complejidad sobre el crecimiento del PIB per cápita

	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9
PIB per cápita inicial (e.e.)	0.0000 (0)					0.0000 (0)	0.0000 (0)
ICE inicial (e.e.)		-0.0009 (-0.0072)	-0.0009 (-0.0061)		-0.0014 (-0.0088)	-0.0002 (-0.0014)	0.0011 (-0.0016)
ICE inicial^2 (e.e.)		-0.0025 (-0.0054)	-0.0025 (-0.005)		-0.0056 (-0.0048)	0.0003 (-0.0015)	-0.0004 (-0.0014)
ICPO inicial (e.e.)				-0.0008* (-0.0003)	-0.0006 (-0.0004)		-0.0002** (-0.0001)
ICPO inicial^2 (e.e.)				0.0000**	0.0000**		0.0000***
Constante (e.e.)	0.0335*** (-0.0065)	0.0347*** (-0.0069)	0.0347*** (-0.0073)	0.0410*** (-0.0088)	0.0425*** (-0.0101)	0.0077*** (-0.0022)	0.0114*** (-0.0029)
No. Obs.	58	58	58	58	58	116	116
R2	0.0047	0.0089	0.0089	0.2097	0.2437	0.0402	0.1888
R2 ajustada	-0.0131	-0.0297		0.1810	0.1866		
F ()	0.2600	0.2500	0.2300	7.3000	4.2700		
Prob > F	0.6102	0.7829	0.7948	0.0015	0.0045		
Wald chi2						0.8500	43.4800
Prob > chi2						0.8364	0.0000

***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1, errores estándar en paréntesis

Notas: Modelos (3 – 7) se hace un análisis de corte transversal para tasas de crecimiento del periodo 2008-2012. Método *MCO*.

Modelo (5) se aplica la corrección por posible heterocedasticidad: *vce(robust)*. Modelo (8) se hace un análisis panel para tasas de crecimiento de los periodos 2008-2010 y 2010-2012, método efectos aleatorios.

A pesar de lo que se esperaba, el coeficiente asociado al ICE no es estadísticamente significativo y, además, es negativo. Esto se mantiene con su valor cuadrático, excepto para el caso del Modelo 8, lo que podría significar que hay un punto de quiebre ($ICE=0.33$) donde el ICE comienza a tener un efecto positivo sobre el crecimiento económico, tal como era la expectativa. La falta de significancia estadística no es sorprendente cuando se observa el Gráfico 21.

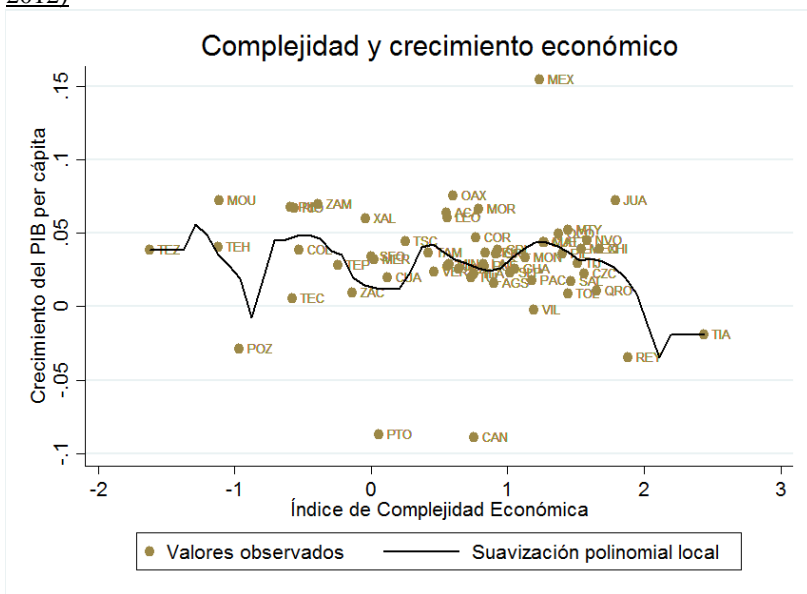
La explicación más viable a lo anterior es que los datos sobre el PIB per cápita a nivel zona metropolitana son estimaciones y no valores reales. Asimismo, a pesar de que la relación positiva entre el ICE y el crecimiento económico se corrobora en diversos análisis a nivel internacional²⁷ y a nivel entidad federativa para México²⁸, al hacerlo a este nivel de agregación se podría perder información valiosa. Además, el crecimiento sólo está calculado para un periodo muy corto (4 años), de este modo, el cambio en el crecimiento no es sustancial para el estudio. Esto se respalda con el Modelo 9, pues la significancia estadística aumenta con el análisis panel, el cual permite capturar mejor el efecto del indicador de complejidad sobre el crecimiento económico.

²⁷ The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web:

<http://atlas.cid.harvard.edu/>

²⁸ Gonzalo Castañeda (2016) Análisis de la Complejidad Económica de México, manuscrito CIDE

Gráfico 21 Complejidad (2008) vs. crecimiento del PIB per cápita(2008-2012)



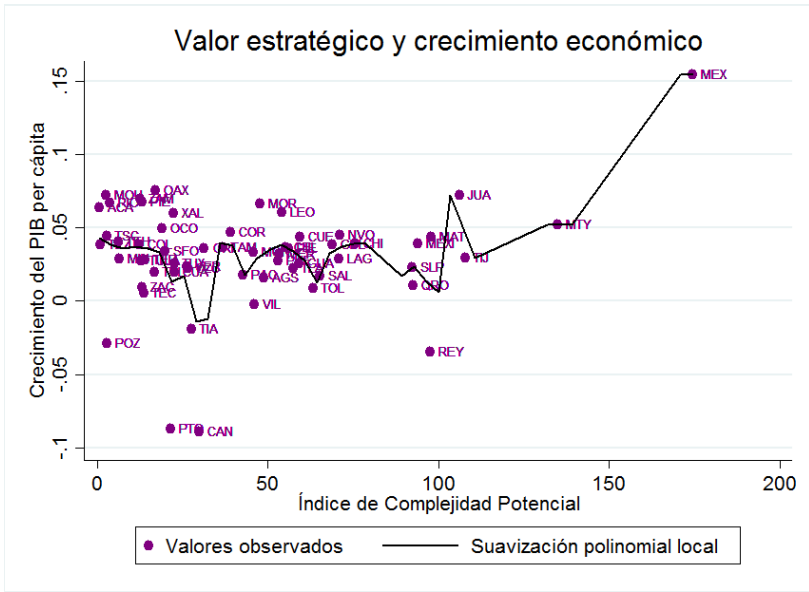
Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

No obstante, el coeficiente asociado al valor de oportunidad de la economía (ICPO) es estadísticamente significativo en los Modelos 6 y 9 y su valor cuadrático, además en el 7, aunque su valor es cero, lo que implica que no hay significancia en términos reales. El signo de los coeficientes de ICPO es negativo lo que significa que a menor valor de oportunidad, mayor crecimiento. Esto es consistente con hallazgos previos²⁹ y con lo que exhibe el Gráfico 22, pues economías que crecen rápido—países ricos

²⁹ Ricardo Hausmann & César Hidalgo. (2013). How Will The Netherlands Earn Its Income 20 Years From Now? A Growth Ventures Analysis For The Netherlands Scientific Council For Government Policy.

y pobres—tienden a hacerlo así porque los primeros tienen muchos nodos ya ocupados en el espacio de productos y no tienen oportunidad de moverse hacia nodos nuevos. De manera similar, los segundos no tienen las suficientes capacidades iniciales para desarrollar nuevas y por tanto existen pocos nodos que puedan ocupar. Del mismo modo, al considerar la R^2 , el Modelo 7 es el que tiene el valor más grande (24.4%), lo cual es consistente con los hallazgos de significancia estadística de los coeficientes de ICPO. Esta es una proporción importante considerando que el tamaño de la muestra es muy pequeño. Además, cabe recalcar que en ningún modelo el nivel inicial de PIB per cápita tiene algún efecto—mucho menos estadísticamente significativo—sobre la tasa de crecimiento.

Gráfico 22 Complejidad potencial (2008) vs. crecimiento del PIB per cápita (2008-2012)



Fuente: Elaboración propia con datos del Atlas de Complejidad Económica de México.

7. Discusión y conclusiones

Los resultados del análisis prueban que se valida la teoría de la complejidad económica sobre capacidades y aprendizaje con datos de zonas metropolitanas de México: a mayor densidad, es más probable que los productos transiten en el periodo $t+\tau$. Productos similares a los existentes son más probables de ser exportados en el futuro; es decir, aquellos que compartan capacidades para su producción los hace cercanos entre sí dentro del espacio de productos. De este modo, al ocupar nuevos y complejos nodos de este espacio se transforma la estructura productiva del país. Esto es relevante porque la complejidad de una economía se manifiesta en los bienes productivos y, asimismo, es reflejo de las estructuras que mantienen y combinan conocimiento.

El ejercicio de la validación de la teoría encuentra, a través de distribuciones acumuladas, que la métrica de densidad en el periodo inicial (t) es mayor para los productos que transitan en $t+\tau$. De igual manera, la media de densidad es mayor para los productos que transitan y la proporción de estos crece conforme aumenta el periodo de análisis. Esto ocurre porque el proceso generador de capacidades y conocimiento toma tiempo. Asimismo, los resultados del modelo *logit* muestran que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula donde el coeficiente y el efecto

marginal asociado a la métrica de densidad en t es positivo y significativo ($H_0: \beta_{\omega_j} > 0$).

En cuanto al ejercicio sobre la capacidad predictiva de los indicadores de complejidad, los resultados principales no respaldan los hallazgos para el caso de México a nivel entidad federativa o el caso internacional. Lo anterior ocurre por la importante limitación de datos y no, necesariamente, porque la complejidad no explique el crecimiento económico. No obstante, es sustancial rescatar que el ICPO es muy significativo al estudiar el crecimiento económico de las zonas metropolitanas. Esto es consistente con el perfil productivo del país, pues hay zonas metropolitanas con alta complejidad y con oportunidad de crecimiento baja, y otras zonas, con alta.

Como se explicó previamente, este trabajo tiene como limitación principal los datos, pues el nivel de agregación de zona metropolitana puede no capturar todos productos que se contabilizan para construir los índices de complejidad. De igual manera, los datos sobre el crecimiento económico son escasos, lo cual impide un análisis de mediano y largo plazo. Incluso, el análisis a corto plazo es precario, pues los datos sobre el PIB son estimaciones y no datos reales. Sin embargo, la información que provee el Atlas de Complejidad Económica permite conocer los datos sobre lo que se produce

en el país y, en utilización del enfoque de complejidad económica, distinguir los productos más relevantes y factibles para cada zona del país. Una vez realizado lo anterior, resulta posible idear políticas públicas que encaucen el desarrollo económico. Lo anterior puede hacerse a nivel país, estado, región o municipio, lo que la hace una herramienta aún más valiosa.

8. Apéndice

A continuación se explicará cómo se construyeron y qué indican las variables más importantes del análisis.

Ventaja Comparativa Revelada (VCR)³⁰ es un índice para medir la proporción de las exportaciones de un país en relación a su proporción dentro del comercio internacional:

$$VCR_{cp} = \frac{\frac{x_{cp}}{X_{ct}}}{\frac{x_{wp}}{X_{wt}}}$$

x_{cp} es el valor total de las exportaciones del producto p del país c . Análogamente, x_{wp} es el valor total de las exportaciones del mismo producto en todo el mundo. X_{ct} son las exportaciones totales del país c y X_{wt} las exportaciones totales del mundo. De este modo, el numerador es la proporción de exportaciones del país de determinado producto y el denominador la proporción de exportaciones del mundo. Cuando la VCR es mayor a 1, significa que el país produce el producto de manera competitiva dentro del comercio internacional.

³⁰ The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web: <http://atlas.cid.harvard.edu/>

Ubicuidad y diversidad³¹

$$Diversidad = k_{c,0} = \sum_p M_{cp} \quad (1)$$

$$Ubicuidad = k_{p,0} = \sum_c M_{cp} \quad (2)$$

Donde M_{cp} es una matriz que toma el valor de 1 si el país c produce el producto p , y 0 de otra manera. Simplemente se suman las filas y columnas de la matriz.

Para obtener una mejor medida, se corrige con información de una y otra, de modo que:

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} k_{p,N-1} \quad (3)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,0}} \sum_c M_{cp} k_{c,N-1} \quad (4)$$

Sustituyendo (4) en (3) se obtiene

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,0}} \sum_p M_{cp} \frac{1}{k_{p,0}} \sum_{c'} M_{c'p} k_{c',N-2} \quad (5)$$

$$k_{c,N} = \sum_{c'} k_{c',N-2} \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,0} k_{p,0}} \quad (6)$$

Reescribiendo

$$k_{c,N} = \sum_{c'} \tilde{M}_{cc'} k_{c',N-2} \quad (7)$$

Donde

³¹ Ibid

$$\tilde{M}_{CC'} = \sum_p \frac{M_{cp}M_{c'p}}{k_{c,0}k_{p,0}} \quad (8)$$

ICE e ICP

De este modo (8) se satisface cuando $k_{c,N} = k_{c,N-2} = 1$. Éste es el eigenvector de $\tilde{M}_{CC'}$ asociado al eigenvalor más grande, el cual es un vector de unos, por lo que no es relevante. Entonces, se toma el asociado al segundo eigenvalor. Este eigenvector captura la mayor varianza en el sistema de modo que es posible definir el índice de complejidad económica (ICE):

ICE = eigenvector asociado al segundo eigenvalor más grande de $\tilde{M}_{CC'}$

Al intercambiar el índice de países por el de productos es posible obtener la medida análoga, índice de complejidad del producto (ICP):

ICP = eigenvector asociado al segundo eigenvalor más grande de $\tilde{M}_{pp'}$

Densidad³²

Proximidad mide la similitud entre un par de productos (i, j) de modo que:

$$Proximidad = \varphi_{ij} = \min\{P(RCA_i|RCA_j), P(RCA_j|RCA_i)\}$$

³² The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web: <http://atlas.cid.harvard.edu/>

Así, se define densidad como la suma ponderada de proximidades que conecta a un nuevo producto j a todos los productos que el país c no produce actualmente, formalmente:

$$\omega_j = \frac{\sum_i X_i \varphi_{ij}}{\sum_i \varphi_{ij}}$$

X_i son las exportaciones totales del bien i .

ICPO e ICPOP³³

Este índice es el valor de oportunidad de transitar hacia otros productos. Es decir, se cuantifican los productos que están cerca (alta densidad) y se pondera por la complejidad de estos productos.

$$ICPO = \sum_j \omega_j X_j ICP_j$$

A partir de lo anterior, es posible calcular la ganancia de oportunidad o índice de complejidad potencial del producto (ICPOP). Este se define como el valor de oportunidad que un país obtendría al producir el producto l .

$$ICPOP = \sum_j \frac{\varphi_{lj}}{\sum_i \varphi_{ij}} X_j ICP_j - \omega_l ICP_l$$

³³ The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del 2015, de Center for International Development sitio web: <http://atlas.cid.harvard.edu/>

9. Referencias

Bahar, D., R. Hausmann, and C.A. Hidalgo (2014). “Neighbors and the Evolution of the Comparative Advantage of Nations: Evidence of International Knowledge Diffusion?” *Journal of International Economics* 92, no. 1, pp 111-123.

Bustos, S., C. Gómez, R. Hausmann, y C.A. Hidalgo (2012), “The Dynamics of Nestedness Predicts the Evolution of Industrial Ecosystems”, *Plos One* 7.11, pp 1-8.

Castañeda, G. (2016), “Análisis de la Complejidad Económica de México”, Working Paper, División de Economía, CIDE.

Felipe, J., U. Kumar y A. Abdon (2013), “Why Has China Succeeded? And Why it Will Continue to Do so”, *Cambridge Journal of Economics*, 37, 791-818. Hausmann, R. y C.A.

Fortunato, P., C. Razo y K. Vrolijk (2015); “Operationalizing the Product Space: A Road Map to Export Diversification”, UNCTAD, Discussion paper No. 219.

Hausmann R., y D. Rodrik (2003), “Economic Development as Self-discovery”, *Journal of Development Economics* 72 (2), pp 603-33.

Hausmann R., J. Hwang y D. Rodrik (2007), “What you Export Matters”, *Journal of Economic Growth* 12 (1), pp 1-25.

Hausmann, R., y B. Klinger (2006), “Structural Transformation and Patterns of Comparative Advantage in the Product Space”, CID at Harvard University, Working Paper No. 128, agosto.

Hidalgo, C. (2015), “Why Information Grows. The Evolution of Order, from Atoms to Economics”, New York: Basic Books.

Hidalgo, C. y R. Hausmann (2008), “A Network View of Economic Development”, *Developing Alternatives*.

Hidalgo, C. A., B. Klinger, A.L Barabasi y R. Hausmann (2007), “The Product Space Conditions the Development of Nations”, *Science*, 317 (5837), pp 482-487.

Hidalgo, C.A. (2009), “The Dynamics of Economic Complexity and the Product Space over a 42 Year Period”, CID Working Paper, Harvard University, 189, pp 1- 20.

Hidalgo C.A., y R. Hausmann (2009), “The Building Blocks of Economic Complexity”, *PNAS*, 106 (26), pp 10570-75.

Hausmann, R., C.A. Hidalgo, S. Bustos, M. Coscia, A. Simoes, M. Yildirim (2013), “The Atlas of Economic Complexity. Mapping Paths to Prosperity”, CID- Harvard, MIT Media Lab.

Hausmann, R., C.A. Hidalgo (2011), “The network structure of economic output”, *Journal of Economic Growth*, 16, pp 309-342.

Hausmann R., C.A. Hidalgo, D. Stock y M. A. Yildirim (2014), “Implied Comparative Advantage”, Center for International Development, Working Paper No. 276, Harvard University.

Hausmann R., y D. Rodrik (2006), “Doomed to Choose: Industrial Policy as Predicament”, CID, Harvard University.

Hausmann, R y C. Hidalgo (2013) How Will The Netherlands Earn Its Income 20 Years From Now? A Growth Ventures Analysis For The Netherlands Scientific Council For Government Policy. Growth Ventures.

Hausmann, R., y B. Klinger (2009), “Policies for Achieving Structural Transformation in the Caribbean”, Inter-American Development Bank, No. IBD-DP- 163

Hausmman, Ricardo (2010), “Pakistan: Competitiveness and Structural Transformation”, ADB Technical Assistance Consultant’s Report, Project Number 41661-01.

Referencias electrónicas

Atlas de Complejidad Económica (2015). México. 20 de noviembre del 2015, de Atlas de Complejidad Económica
Sitio web: <http://complejidad.datos.gob.mx/>

Índices de Competitividad. Índice de Competitividad Urbana 2014 (2014). México. 18 de marzo del 2016, de Instituto

Mexicano de la Competitividad Sitio web:
<http://imco.org.mx/indices/#/> . Los censos económicos son
cada 5 años.

The Atlas of Economic Complexity. 20 de noviembre del
2015, de Center for International Development sitio web:
<http://atlas.cid.harvard.edu/>