
RUTAS DE TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA

Norman Maldonado¹
Eduardo Sánchez²

La canasta exportadora de Colombia se concentra en bienes del sector primario o en extracción de recursos naturales, que tienen un bajo valor agregado al compararlos con bienes producidos por la industria. Para 2010, los bienes con mayor participación en las exportaciones del país fueron petróleo con 33 %, carbón con 14 %, oro con 5,31 % y café con 4,85 %³. Este patrón se ha fortalecido en los últimos años, por ejemplo, en 2007 la participación del petróleo en las exportaciones era de 18,49 % y la de carbón del 11 %. Más aún, la concentración en este tipo de bienes ha desplazado a productos industriales con mayor valor agregado como los del sector automotriz, los cuales pasaron de representar el 2,57 % de las exportaciones en 2007, a contribuir sólo con el 0,003 % en 2010.

Esta estrategia productiva tiene varias desventajas en términos del desarrollo económico. La primera es que son exportaciones con bajo valor agregado; al respecto,

¹Estudiante de doctorado en Desarrollo Económico, se desempeña actualmente como investigador de la Universidad Sergio Arboleda (Bogotá D.C., Colombia). E-mail: normanmva@gmail.com. Dirección de correspondencia: Carrera 15 No. 74-70, Escuela de Economía, Universidad Sergio Arboleda (Bogotá D.C., Colombia).

²Magíster en Economía, se desempeña actualmente como investigador de la Universidad Sergio Arboleda (Bogotá D.C., Colombia). E-mail: eduardo.sanchez@usa.edu.co, esanchez4@gmail.com. Dirección de correspondencia: Carrera 15 No. 74 - 70, Escuela de Economía, Universidad Sergio Arboleda (Bogotá D.C., Colombia).

Este proyecto de investigación fue desarrollado con el apoyo del Grupo de Investigación en Política Pública y Economía Empresarial (GIPE), y financiado por la Escuela de Economía de la Universidad Sergio Arboleda.

Este artículo fue recibido el 1 de marzo de 2011, la versión ajustada fue recibida el 21 de noviembre de 2011 y su publicación aprobada el 20 de enero de 2012.

³Todos los datos sobre comercio internacional que se presentan en este artículo fueron tomados de WITS-UN Comtrade.

la literatura ha encontrado evidencia empírica sobre la relación positiva entre el valor agregado de la canasta exportadora de un país y sus tasas de crecimiento en el mediano plazo (Hausmann y Klinger, 2007). Así, el bajo valor agregado tendrá efectos negativos en el crecimiento económico del país. La segunda es que expone a la economía a la volatilidad propia del precio de las materias primas o *commodities*, como el petróleo. Finalmente, no es una estrategia de desarrollo de largo plazo, al estar basada, principalmente, en recursos naturales no renovables.

Todo esto sugiere que Colombia, junto con otros países en desarrollo con características similares en su canasta exportadora, requieren de un cambio en su estructura productiva. Ese cambio es conocido en Latinoamérica como transformación productiva (Cepal, 2008), y su objetivo ha sido incrementar el valor agregado de los bienes y servicios producidos por países de esa región. No obstante, no existe un consenso sobre cuál es el mejor tipo de política industrial para promover la transformación productiva (Rodrik, 2004). Por ejemplo, una de las estrategias propuestas ha sido escoger sectores con alto valor agregado e impulsarlos de tal forma que logren un crecimiento sostenido en su participación en la canasta exportadora.

Si bien escoger sectores es un camino para aumentar el valor agregado de las exportaciones, también puede crear distorsiones en los mecanismos de mercado, ineficiencias en el sector escogido e inducir a la búsqueda de rentas en lugar de un cambio estructural. De otra parte, el diseño de política pública no puede esperar a que haya consenso; por el contrario, las entidades responsables de esta tarea deben tomar decisiones que se espera conduzcan a alcanzar metas de crecimiento y desarrollo económico para el país.

En Colombia, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MCIT) enfocó su política industrial en la creación y puesta en marcha del programa de transformación productiva (Plata y Avendaño, 2010). Este programa contiene una serie de instrumentos orientados a promover y desarrollar sectores que produzcan bienes y servicios de alto valor agregado, y que sean cercanos a las capacidades productivas de Colombia. Los sectores incluidos en el programa⁴ están clasificados en dos grupos: más y mejor de lo bueno (autopartes y vehículos, energía eléctrica, comunicación gráfica y textiles) y sectores nuevos y emergentes (cosméticos y artículos de aseo, software, terciarización de procesos y turismo de salud).

Una vez establecidos los objetivos de política, el siguiente paso es definir una secuencia de metas de corto y mediano plazo que permitan alcanzar dichos objetivos. Definir esa secuencia no es una tarea fácil por dos razones. En primer lugar, porque implica la intervención del Estado en el mercado con el propósito de promover la producción de un conjunto particular de bienes y servicios, y esta injerencia puede crear distorsiones, cuyo efecto final sea opuesto al que se perseguía inicialmente. Los modelos de equilibrio general computable dan una respuesta a este problema,

⁴La definición de estos sectores se basó en un conjunto de estudios y consultorías contratadas por el MCIT, entre ellos el estudio de Hausmann y Klinger (2007).

dado que su desagregación sectorial permite analizar efectos de corto y mediano plazo de impuestos y aranceles, sobre toda la estructura productiva de un país (Martín y Ramírez, 2005).

La segunda razón es que no existe un camino único para alcanzar las metas de largo plazo. El desarrollo de ventajas comparativas en un sector se puede lograr mediante múltiples alternativas, y nada garantiza que las estrategias escogidas representen la forma más rápida de hacer la transición entre la estructura productiva actual y la deseada. Surge entonces una pregunta ¿cómo hacer la transición hacia los objetivos de política de largo plazo? En otras palabras, ¿cómo definir esas metas de corto y mediano plazo?, ¿qué criterio se puede utilizar para escoger entre diferentes alternativas para hacer la transición?

Este artículo busca avanzar en esa dirección. El objetivo es identificar rutas de transformación productiva de un país⁵, con base en estimaciones de distancia entre productos. Estas rutas se definen como secuencias de productos que describen transiciones entre ventajas comparativas actuales y objetivos de política industrial de largo plazo. La hipótesis es que es posible diseñar un algoritmo que utilice las proximidades entre productos definidas en Hausmann y Klinger (2007), para encontrar los trayectos.

El documento es de carácter teórico, puesto que está enfocado en definir el concepto de ruta de transformación productiva y en construir un algoritmo que la identifique⁶. No obstante, se realizaron algunas pruebas para encontrar rutas utilizando información de la estructura productiva de Colombia.

El trabajo está organizado en dos partes. La primera es un marco teórico, compuesto por una revisión de literatura sobre transformación productiva y un repaso de los conceptos del espacio de productos. El segundo apartado presenta el aporte teórico del artículo que consiste en el diseño de un algoritmo de búsqueda de rutas, el cual se complementa con una aplicación a la estructura productiva de Colombia. Al final se presentan las conclusiones del estudio y posibles extensiones.

TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA

El concepto de transformación productiva se basa en dos supuestos: (1) existen ganancias importantes para los países que se suman al comercio internacional y (2) la producción de bienes y servicios con alto valor agregado promueve el crecimiento económico de las naciones.

⁵Para este estudio se asume que la unidad de observación es un país, aunque el concepto de transformación productiva aplica también a regiones y ciudades (Gilli, 2009; Hansen y Winther, 2007; Piper, 2009).

⁶El algoritmo tiene un potencial empírico cuyo estudio detallado va más allá del alcance de este trabajo.

El primer supuesto es soportado por la idea que el comercio internacional es un factor dinamizador de la economía. La interacción entre países permite acceder a innovaciones creadas en otros lugares del mundo, que incrementan la productividad o generan externalidades positivas sobre los procesos productivos. Por otra parte, el comercio aumenta la competencia entre compañías, que tienen que enfrentarse a competidores locales y extranjeros.

El segundo supuesto argumenta que los procesos de producción son distintos dependiendo del tipo de país (en desarrollo y desarrollados) y que estas diferencias, explican en buena parte, las divergencias en ingreso per-cápita. Implica, además, que las exportaciones de los países desarrollados estén orientadas a la producción de bienes con alto valor agregado, mientras las exportaciones de los países en desarrollo son, en su mayoría, del sector primario.

Se asume entonces que existe una relación entre crecimiento económico, desempeño de la industria y comercio internacional, la cual se puede representar bajo el concepto de transformación productiva⁷.

La evolución del pensamiento sobre transformación productiva y crecimiento tiene su origen en las décadas de 1940 y 1950 con los trabajos de Prebisch (1949), Hirschman (1958), Myrdal (1956) y Nurkse (1953). Desde entonces hay diferentes puntos de vista en cuanto a la naturaleza de las innovaciones necesarias, a los mecanismos de desplazamiento o externalidades que influyen sobre las estructuras de mercado, y sobre los factores que definen un proceso de transformación productiva. No obstante, coinciden en que una canasta de exportación diversificada, con productos de alto valor agregado, reduce la volatilidad de la balanza comercial, con efecto positivo sobre la actividad económica.

Igualmente, existe consenso sobre los componentes de la transformación: la economía alcanza un grado creciente de diversificación de la canasta exportadora y la mano de obra aumenta su participación en actividades industriales, donde la productividad es más alta. El crecimiento responde entonces, a encadenamientos hacia atrás y hacia delante entre los sectores industriales, soportados en procesos acumulativos y en estímulos generados por desequilibrios intersectoriales (Hirschman, 1958). Algunos autores añaden nuevas estructuras sectoriales (Amity y Konings, 2007; Coe, Helpman y Hoffmaister, 1997), relaciones comerciales (Krugman, 1986; Lucas, 1988) y externalidades (Ocampo, 2005). Por consiguiente, la inversión y la diversificación productiva, sumados a un contexto comercial favorable, aumentan la productividad, soportando la expansión sostenida de la economía (Ocampo, 2005).

Definir un camino para pasar de exportar productos básicos a productos con alto valor agregado es una tarea compleja. Teóricamente, la complejidad esta en

⁷La literatura no tiene una definición estándar de transformación productiva. Para esta investigación, se definió transformación productiva como el proceso mediante el cual un país modifica su composición sectorial hacia bienes y servicios de mayor valor agregado, con el objetivo de impulsar el crecimiento económico.

analizar patrones de comercio usando redes y optimización de caminos para determinar la ruta mas corta (Bersekas, 1998), que es una aproximación muy distante de los modelos tradicionales de comercio. En la práctica, la complejidad radica en la especificidad de instituciones, tecnologías y factores que deben acompañar el proceso de transformación productiva de un país en particular.

De aquí, se puede esperar que la formulación de políticas estatales de transformación productiva y un análisis de los factores particulares de los procesos productivos del país permitan:

1. Identificar ventajas asociadas al comercio.
2. Establecer espacios para llevar a cabo procesos de transformación productiva, correctamente direccionados.
3. Enmarcar en una política industrial y comercial de largo plazo los procesos de transformación productiva.

A continuación se explorará en detalle la teoría económica que sustenta los dos supuestos de la transformación productiva: las ganancias del comercio internacional y la producción industrial con alto valor agregado.

Comercio internacional

Dentro de los diferentes factores que estimulan el crecimiento de una economía, el comercio internacional ha jugado un rol muy importante. Históricamente se ha asociado la apertura comercial con crecimiento económico sostenido, medido como un incremento del ingreso per cápita durante un periodo prolongado. Por tanto, es relevante analizar de qué forma la apertura al comercio internacional produce un impacto positivo en el desarrollo de una nación.

Hay tres canales fundamentales, explicados por la teoría económica, que son importantes para este análisis. El primer canal, hace referencia al impacto que tiene el comercio internacional en el cambio tecnológico y la innovación. Los países pueden intercambiar bienes y servicios con el resto del mundo y tienen acceso a nuevas tecnologías y productos, lo que incrementa el número de bienes existentes. De acuerdo con el modelo de crecimiento tradicional de Romer (1986), se aumenta la productividad total de los factores y se estimula el crecimiento económico. En particular, Hoekman y Javorcik (2007), Amity y Konings (2007) y Coe, Helpman y Hoffmaister (1997) demuestran que la importación de tecnologías se acelera cuando los países pasan a un grupo de ingresos más alto.

En el modelo de Romer, el comercio amplía las posibilidades de consumo de un país. El consumo con comercio se ubica por encima de la frontera de posibilidades de producción con respecto a la de una economía en autarquía, dado que los países pueden exportar productos cuya producción se realiza con recursos considerados abundantes e importar bienes cuya elaboración requiere la utilización de recursos escasos (Krugman, 1986; Lucas, 1988).

El segundo canal hace referencia a las características del comercio entre países desarrollados⁸. A pesar que la teoría ricardiana de la ventaja comparativa sugiere que los países deben especializarse en la producción de ciertos bienes en los que tienen ventaja e importar aquellos en los que no, los datos para países desarrollados sugieren que estas economías, producen bienes de alto valor agregado, y además, exportan e importan los mismos tipos de bienes (comercio intra-industrial). En otras palabras, el comercio no está basado necesariamente en la ventaja comparativa, sino que se vuelca hacia conceptos más complejos como sofisticación, diferenciación de producto y posicionamiento de marcas. Por otra parte, el comercio produce rendimientos crecientes o economías de escala que permiten desarrollar un mercado integrado que supera al de un solo país, esto hace posible la diversidad en la oferta de productos a nivel mundial a menores precios (Helpman y Krugman, 1985).

El último canal hace referencia al efecto directo de la apertura comercial en el crecimiento. En este campo el trabajo de Sachs y Warner (1995) es pionero. Estos autores construyen un índice de apertura comercial para cerca de cien países desarrollados y en desarrollo; controlando por otros factores en un análisis de corte transversal, miden el efecto directo del índice de apertura sobre el crecimiento del producto, encontrando que el impacto es positivo y significativo.

Hay un argumento adicional desarrollado, entre otros autores, por Porter (1990), según el cual, el comercio internacional crea incentivos para que las empresas produzcan con mayor eficiencia y busquen la modernización de su actividad productiva mediante la innovación, dada la rivalidad que enfrentan con compañías del mismo sector, alrededor del mundo. Este punto de vista es más microeconómico y estudia el comportamiento del empresario como innovador y emprendedor.

Entonces, si los países desarrollados tienen un mayor nivel de exportaciones per cápita que los países en desarrollo (Hausmann y Klinger, 2007), y si entre más elevado es el nivel de sofisticación de las exportaciones, más rápido es el proceso de crecimiento económico, la definición de una canasta exportadora que permita aumentar el ingreso del país debe ser una prioridad de política.

Teniendo en cuenta lo anterior, vale la pena analizar si es posible alcanzar estas ganancias por medio del libre comercio o si es necesario modificar la canasta exportadora para aprovechar sus beneficios. Krugman (1986) explica que aunque el libre comercio aparece como la política correcta para obtener los beneficios de la apertura comercial, en algunos casos, el de la ventaja comparativa es un “modelo incompleto”, y cuando se minimizan los efectos negativos, las intervenciones pueden ser favorables para el crecimiento.

Las desventajas de la apertura comercial están enfocadas en temas de equidad. Aunque las naciones suelen ganar con el comercio, el impacto que esta actividad

⁸De acuerdo con Krugman y Obstfeld (2006), el comercio entre países desarrollados es distinto al comercio entre países en desarrollo.

causa en la distribución de la renta va en detrimento del beneficio neto de las políticas comerciales. La dificultad para movilizar recursos de una industria a otra de manera inmediata o sin ningún costo, y las diferencias en la demanda por factores de producción de las industrias, tienen un efecto negativo sobre el empleo y la equidad en el corto plazo. Necesariamente, un cambio en la composición de los bienes que un país produce implica la reducción de algunos factores de producción, al mismo tiempo que impulsa la demanda de otros.

Un modelo de factores específicos puede representar esta dificultad, dado que permite diferenciar entre factores de tipo general que pueden desplazarse entre sectores y factores específicos para usos puntuales con poca movilidad (Samuelson, 1962). De este modelo se concluye que los factores específicos de los sectores exportadores en cada país se benefician del comercio, mientras que los factores específicos de los sectores que compiten con las importaciones se ven perjudicados. Por otra parte, los factores que pueden hacer parte de ambos sectores muestran un comportamiento ambiguo. Desde esta perspectiva se infiere que el comercio puede producir ganancias si los beneficios superan las pérdidas en el agregado.

Aún en un escenario de libre comercio, en el cual los costos son mayores, el gobierno puede utilizar herramientas de política como impuestos y subsidios para redistribuir la renta, limitando el impacto negativo de la migración productiva (Dixit y Norman, 1980).

Cambio estructural

En la teoría clásica del crecimiento económico se argumenta que el proceso de desarrollo está directamente relacionado con la estructura de producción del país. La industrialización surge como el motor del cambio técnico y del incremento en productividad. El capital humano se moviliza de actividades de baja productividad a actividades de alta productividad (Naciones Unidas, 2006).

De la misma forma, el proceso de crecimiento económico mediante el comercio internacional requiere abrirse un espacio dentro de los productos de alto valor agregado que se transan alrededor del mundo. Si estos bienes no hacen parte de las exportaciones de un país, es necesaria una transformación gradual de la estructura productiva, de tal forma que en el mediano o largo plazo se puedan incluir dentro de las exportaciones.

El aumento en productividad tiene fuentes distintas en los países desarrollados, en comparación con los países en desarrollo. Los primeros se enfocan en investigación y desarrollo para producir innovaciones, mientras los otros se concentran en modificar su estructura productiva.

El proceso de modificación de la tecnología para ser más productivos es lo que se conoce en la literatura como cambio estructural⁹. En América Latina, el pro-

⁹Un resumen de la literatura sobre cambio estructural y la diferencia para países en desarrollo y desarrollados se encuentra en Naciones Unidas (2006)

ceso del cambio estructural tomó el nombre de transformación productiva (Cepal, 2008).

Hausmann y Klinger (2007) plantearon dos mecanismos para realizar esta transformación. El primero es aumentar la cantidad y calidad de los productos que se exportan. El segundo es explorar nuevos bienes en los que no existe una ventaja comparativa, pero que pueden crear valor agregado para la economía e incrementar la sofisticación del país.

La elección entre uno y otro depende de la brecha entre el ingreso per cápita del país y el valor agregado de sus exportaciones. Entre mayor sea la brecha, más oportunidades tiene el país de crecer con los productos que ya exporta.

El segundo mecanismo depende del valor estratégico de los productos sin ventaja comparativa para el país. Entre más estratégico sea un producto, mayores las oportunidades de éxito para la transformación productiva.

El cambio de la estructura productiva parte de una etapa de identificación que consiste en definir qué sectores iniciarán el proceso. Su elección se ha realizado, tradicionalmente, mediante políticas que apoyan a las industrias generadoras de externalidades y el instrumento más utilizado es un subsidio calculado con base en la dimensión de la externalidad que producen. En esta aproximación existen altos costos asociados al acceso a información y, generalmente, termina en una serie de políticas de sustitución de importaciones (Rodríguez-Clare, 2007). Una alternativa a la selección de los sectores consiste en la importación y asimilación de tecnologías externas, con el fin de replicar casos exitosos observados en otras economías (Hausmann y Rodrik, 2003).

Estos enfoques, sin embargo, no definen el camino adecuado hacia el proceso de sofisticación, especialmente para economías en desarrollo, dado que:

- Una industria produce distintas externalidades en entornos diferentes.
- Una industria particular que crea externalidades positivas en una economía en desarrollo, puede estar siendo explotada en una economía desarrollada, limitando el potencial de retornos de esta industria.
- La forma de implementar un proceso productivo no es transferible fácilmente, ya que la disponibilidad de factores y de un entorno adecuado para el desarrollo de un producto determinan el resultado final.

La selección de las nuevas actividades requiere de recursos específicos, hechos a la medida, y que puedan ser tanto privados como públicos, mientras que una actividad existente ya ha pasado por el proceso necesario para establecer un lugar en el mercado. Por tanto, una alternativa de política podría ser dirigirse a la promoción de sectores ya existentes o cercanos a estos, los cuales presenten ventajas comparativas.

En el desarrollo de nuevas actividades productivas, el siguiente paso es definir cuál es el camino entre los bienes que se exportan y los que se quieren exportar.

La teoría económica no define un trayecto específico, pero indica que depende de los objetivos de cada país. En este contexto, es necesario estudiar el conjunto de productos disponible e identificar los bienes que se encuentran más cerca de lo que actualmente se produce, con el fin de migrar de un producto a otro, hasta llegar a aquellos que se tiene como objetivo.

El análisis de todos los posibles productos que un país puede exportar, la identificación de aquellos a los que puede migrar más fácilmente y los resultados en términos de valor agregado entre uno y otro, es conocido como el análisis de la posición de un país en el espacio de productos y es explicado por Hausmann y Klinger (2007). Sin embargo, la senda más corta entre un producto y otro o la estrategia óptima para migrar de un conjunto de bienes a otro, ni es única ni está establecida.

Esta dificultad ofrece la oportunidad de diseñar un mecanismo que identifique procesos de transición entre un sector y otro, y que pueda convertirse en un instrumento de política. Uno de estos posibles mecanismos, es el algoritmo propuesto en este artículo.

ESPACIO DE PRODUCTOS

En términos generales, el espacio de productos (Hausmann y Klinger, 2006) es un conjunto de bienes y servicios¹⁰ separados por una distancia. La medida de distancia entre dos productos es la probabilidad que un país exporte ambos bienes con ventaja comparativa. Así, el espacio de productos es un mapa de actividades productivas que muestra qué tan lejos están unas de otras.

La definición del espacio por si sola no contiene medidas de bienestar que permitan hacer comparaciones entre productos o determinar si un bien genera mayor bienestar que otro. Lo que que si puede realizarse mediante el cálculo de la capacidad que tiene un bien de crear valor agregado.

Los conceptos de distancias entre bienes y valor agregado de cada bien, permiten definir 3 indicadores que fundamentan el análisis de transformación productiva, basado en el espacio de productos: sofisticación, densidad y valor estratégico¹¹.

Con el propósito de dar claridad a la exposición, a continuación se presentan brevemente las definiciones¹² y la forma cómo se calculan los indicadores.

¹⁰Producto integra, en general, bienes y servicios. Sin embargo, al utilizar datos de comercio para construir el espacio de productos, la información sobre comercio de servicios no es tan confiable y completa como la de comercio de bienes. Para efectos prácticos, en este documento producto hace referencia solo a bienes.

¹¹Los estudios de Hausmann y Klinger (2006) y Hausmann y Klinger (2008) son ejemplos de análisis de transformación productiva para países.

¹²Para una explicación más detallada de los conceptos el lector puede revisar Hausmann y Klinger (2007), documento del cual se tomaron todas las definiciones formales.

Distancia

Ventaja comparativa revelada (VCR)

La VCR del país c del bien i en el año t se define como:

$$VCR_{c,i,t} = \frac{xval_{c,i,t} / \sum_i xval_{c,i,t}}{\sum_c xval_{c,i,t} / \sum_i \sum_c xval_{c,i,t}} \quad (1)$$

Siendo $xval_{c,i,t}$ las exportaciones del país c del bien i en el año t . El numerador es la participación de las exportaciones que hace el país c del producto i en el total de sus exportaciones. El denominador es la participación de las exportaciones que todos los países hacen del producto i en el total del comercio mundial (exportaciones que hacen todos los países de todos los productos).

Esta medida es mayor que 1 si la participación de las exportaciones del país c en el producto i es mayor que la participación promedio que tiene ese producto en las exportaciones de todos los países, y viceversa.

Ventaja comparativa (VC)

La VC del país c del bien i en el año t se define como:

$$x_{c,i,t} = \begin{cases} 1 & \text{si } VCR_{c,i,t} > 1 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

$x_{c,i,t}$ es una variable binaria que es igual a 1 en aquellos productos en los que el país tiene VCR mayor que 1, y es 0 en aquellos productos en los que el país tiene VCR menor que 1.

Proximidad entre bienes

La proximidad entre los bienes i y j en el año t se define como:

$$\phi_{i,j,t} = \min \{P(x_{i,t}|x_{j,t}), P(x_{j,t}|x_{i,t})\} \quad (3)$$

En este caso, $P(x_{i,t}|x_{j,t})$ es la probabilidad de que un país tenga ventaja comparativa en el bien i dado que tiene ventaja comparativa en el bien j . $P(x_{j,t}|x_{i,t})$ es la probabilidad de que un país tenga ventaja comparativa en el bien j condicional a tener ventaja comparativa en el bien i .

Estas probabilidades se calculan usando todos los países en el año t . De las dos probabilidades se utiliza la función mínimo para escoger la más pequeña y así

eliminar el sesgo hacia arriba que producen las dotaciones de recursos naturales en algunos países¹³ sobre la ventaja comparativa.

Utilizando los cálculos de ventaja comparativa, se obtuvo una matriz simétrica de proximidad entre bienes. Los elementos de esta matriz toman valores entre cero y uno, y miden qué tan cerca está un producto (fila) de otro (columna).

Valor agregado

El valor agregado de un bien es la diferencia entre el valor de la producción bruta y el valor del consumo intermedio necesario para producirlo. Esta medida no está disponible a nivel de producto, puesto que la producción bruta y el consumo intermedio se valoran a nivel de empresa, es decir, agregando todos los bienes. Sin embargo, una aproximación para medir el valor agregado de un producto es su sofisticación, cuya definición se presenta en la siguiente sección.

Indicadores

Sofisticación

La sofisticación de un producto es el nivel de ingreso asociado a los países que exportan ese producto. Se construye como un promedio ponderado del PIB-percápita (PPP) de los países que tienen exportaciones de ese producto. La ponderación es una medida de ventaja comparativa y corresponde al cociente entre la participación que tiene el producto en las exportaciones de un país y la suma por país de la participación que tiene el producto en las exportaciones de cada país. Formalmente, el nivel de sofisticación $ProdY$ de un producto i en el año t es:

$$ProdY_{i,t} = \sum_c \frac{(xval_{c,i,t}/X_{c,t})}{\sum_c (xval_{c,i,t}/X_{c,t})} Y_{c,t} \quad (4)$$

$xval_{c,i,t}$ son las exportaciones del bien i del país c en el año t , $X_{c,t}$ son las exportaciones totales del país c en el año t , Y_c es el PIB per-cápita del país c en el año t , y $c = 1, \dots, C$ es un subíndice que hace referencia a cada uno de los C países que exportan ese producto, incluyendo al país c . Esta es una medida del PIB per-cápita del país promedio que exporta ese producto.

Partiendo de esta medida de sofisticación a nivel de producto, se puede construir una medida de sofisticación de la canasta exportadora de un país, calculando un

¹³Cabe aclarar que aunque este sesgo hacia arriba es posible, Hausmann y Klinger (2007) no lo cuantifican. Por otro lado, si bien es cierto que matemáticamente no tiene sentido que la distancia entre A y B sea diferente a la distancia entre B y A, desde un punto de vista económico, pasar de producir un producto A a un producto B es muy distinto pasar de producir un producto B a un producto A. Esto se explica, entre otras razones, por los costos de ajuste que la literatura reconoce como asimétricos (Blanchard, 1989, 59). Esto sugiere que no es necesario escoger alguna de las dos medidas de proximidad. Desarrollar el análisis del espacio de productos teniendo en cuenta esta asimetría es un tema para desarrollar en investigaciones futuras.

promedio ponderado del nivel de sofisticación de sus exportaciones. Formalmente, el nivel de sofisticación de las exportaciones del país c , $ExpY$, se define como:

$$ExpY_{c,t} = \sum_i \left(\frac{xval_{c,i,t}}{X_{c,t}} \right) ProdY_{i,t} \quad (5)$$

Los cálculos de sofisticación se hicieron combinando la información sobre exportaciones obtenida de WITS-UN Comtrade con el PIB per-cápita por país publicado en los Indicadores del Desarrollo Mundial (IDM) del Banco Mundial¹⁴. Para eliminar el efecto de valores atípicos causados por errores en la información reportada o por grandes cambios temporales del ingreso per-capita, la sofisticación del producto se calculó como el promedio de la sofisticación entre 2000 y 2004.

Densidad

La densidad se define como la proximidad del bien i a la canasta de exportación del país c . Se construye combinando la medida de ventaja comparativa con la de proximidad. Formalmente:

$$Den_{i,c,t} = \left(\frac{\sum_j \phi_{i,j,t} x_{c,j,t}}{\sum_j \phi_{i,j,t}} \right) \quad i \neq j \quad (6)$$

i y j representan productos. La densidad es una medida que toma valores entre cero y uno. Los valores más altos indican que el país tiene ventaja comparativa en muchos productos cercanos al bien i .

Valor estratégico

Es un indicador que combina los conceptos de sofisticación y densidad. Parte del concepto de bosque abierto (medida a nivel de país) y se define como el grado en el que la canasta exportadora de un país está conectada (proximidad) con posibilidades productivas de alto valor (sofisticación). Formalmente, el bosque abierto se define como:

$$BosqueA_{c,t} = \sum_i \sum_j \left[\frac{\phi_{i,j,t}}{\sum_i \phi_{i,j,t}} (1 - x_{c,j,t}) ProdY_{j,t} \right], \quad j \neq i \quad (7)$$

i, j representan productos. El valor estratégico de un producto mide el aumento o reducción que *tendría el bosque abierto* si un producto hiciera parte de la canasta exportadora del país (si se exportara con ventaja comparativa).

¹⁴Esta es la fuente para todas las cifras de PIB per-capita que se presentan en este artículo y para los cálculos de sofisticación es Indicadores del Desarrollo Mundial (IDM) publicados por el Banco Mundial.

Bases de datos

Los cálculos de los anteriores indicadores permitieron obtener varios conjuntos de datos que fueron el insumo para construir el algoritmo propuesto en este documento. En particular, se utilizó la matriz de proximidades entre productos. La siguiente sección muestra el concepto de rutas de transformación productiva, que junto con la matriz de distancias, permitieron construir el algoritmo de búsqueda de rutas y aplicarlo a la estructura productiva colombiana.

ALGORITMO DE BÚSQUEDA DE RUTAS

A diferencia de la primera parte en la cual se revisaron conceptos y metodologías de otros autores, esta sección presenta el aporte conceptual (distancias y rutas) y metodológico (algoritmo de búsqueda) del artículo. El análisis parte de la definición de rutas.

Concepto de “Ruta”

Una ruta de transformación productiva es una secuencia de productos que describe la transición entre una ventaja comparativa actual y un objetivo de política industrial de largo plazo¹⁵, es decir, un conjunto de productos cuyo orden¹⁶ describe la transición entre tener ventaja comparativa en el bien A y pasar a tener ventaja comparativa en el bien B.

Formalmente, una ruta R_j es una secuencia $\{b_i\}_{i=1}^n$ de n bienes b_1, \dots, b_n . Una definición equivalente de R_j , que será útil más adelante, es la de secuencia de segmentos o pasos entre parejas de bienes $\{(b_i, b_{i+1})\}_{i=1}^{n-1}$.

Una ruta se puede calcular de dos formas. La primera consiste en hacer un análisis del comportamiento de las ventajas comparativas¹⁷ de diferentes países en el tiempo, de manera que se identifiquen las trayectorias de cambios de producción que le permitieron alcanzar a un país una determinada estructura productiva¹⁸. Es-

¹⁵Esta definición corresponde al caso más simple: una ventaja comparativa vs. un objetivo de política (1 a 1). La definición y el algoritmo se pueden extender a casos más generales como son 1 a muchos, muchos a 1 y muchos a muchos. Este último es el más cercano al problema de diseño de política industrial, puesto que un país, generalmente, tiene ventaja comparativa en varios productos y busca desarrollar en el largo plazo más de un sector (ver por ejemplo las ventajas comparativas de Colombia y sus múltiples objetivos de política, en el siguiente apartado). El análisis que se hace en este documento se limita al caso más simple (1 a 1), dado que el objetivo principal de este trabajo es el diseño del algoritmo y no su generalización a todos los casos posibles.

¹⁶El orden está definido por la secuencia, no es un orden arbitrario.

¹⁷Utilizando el índice de ventaja comparativa revelada, que a diferencia del índice de ventaja comparativa, es una variable continua y contiene más información sobre los sectores en los que está concentrada la estructura industrial de un país.

¹⁸Por ser un análisis de series de tiempo con horizonte de largo plazo, es posible que los cambios metodológicos en los sistemas de clasificación de productos (por ejemplo, las diferentes revisiones que se han hecho del sistema armonizado), limiten el alcance de este tipo de análisis.

ta metodología es empírica y está respaldada por la bibliografía que se ha escrito acerca de los procesos de transformación productiva que han vivido diferentes países alrededor del mundo (por ejemplo, Cepal, 2008).

La segunda forma de encontrar una ruta es utilizando la matriz de proximidades, la cual contiene información sobre la proximidad que existe entre todas las parejas de productos. En ese sentido, tiene información similar a la que tiene un mapa de una ciudad¹⁹ (distancias entre un conjunto de lugares). En el caso del mapa, este permite encontrar un trayecto para ir de un lugar A a un lugar B, entendiendo como ruta un conjunto de lugares intermedios cuyo orden representa el proceso a seguir para poder llegar a B. De la misma manera, la información de la matriz de proximidades permite encontrar secuencias de productos que representan transiciones entre un producto A (ventaja comparativa) y un producto B (objetivo de política).

Esta segunda metodología tiene un carácter más teórico que la primera, puesto que se basa en el análisis del espacio de productos a partir del concepto de distancia. La ventaja que se deriva de ello es que permite explorar todos los posibles caminos y, en ese sentido, no presupone que la única manera de alcanzar un objetivo de política industrial es replicando la experiencia exitosa de un país en particular²⁰.

Por otro lado, la desventaja que tiene su carácter teórico es que puede producir como resultado algunas rutas incoherentes²¹ o que no siempre pueden ser sustentados en experiencias de otros países.

Antes de definir formalmente esta segunda metodología para encontrar rutas (algoritmo), es necesario precisar el concepto de distancia que se va a utilizar en los cálculos y su diferencia con el de proximidad propuesto por Hausmann y Klinger (2006).

Proximidad vs. distancia

La proximidad indica qué tan cerca se encuentra un producto de otro o qué tan fácil es pasar a producir un bien, con ventaja comparativa, dado que ya se tiene ventaja comparativa en la producción de otro. En su estudio, Hausmann y Klinger (2006) utilizan como medida de proximidad entre dos productos la probabilidad que ambos sean producidos con ventaja comparativa en un país. Considerando que la ruta es una secuencia de productos, su longitud está determinada por la suma de las longitudes de todos los segmentos que la componen. La pregunta inmediata es: ¿se pueden utilizar las proximidades para medir longitudes de rutas?

¹⁹El mapa representa lugares definidos en un plano cartesiano, lo que facilita su representación gráfica. En contraste, el espacio de productos no está definido en un espacio cartesiano, lo que hace necesario utilizar gráficos de redes para su representación (Hidalgo y Hausmann, 2008, 8).

²⁰Esta es una característica que debe resaltarse, dado que reconoce en la multiplicidad de caminos la complejidad inherente a un proceso de desarrollo económico.

²¹Segmentos de las secuencias de productos que no tienen ningún tipo de relación productiva.

Desafortunadamente, el concepto de proximidad es incapaz de medir estas longitudes²². Lo anterior sugiere que, para hacer análisis de rutas, es necesario pasar de proximidad a distancia. La medida de proximidad entre los bienes A y B es la probabilidad que un país produzca con ventaja comparativa el bien A, dado que produce con ventaja comparativa el bien B.

Una manera de calcular una medida de distancia es determinar cuáles son los eventos posibles que están asociados a esta distribución de probabilidad y establecer cuáles de ellos son los que permiten obtener la distancia entre bienes. Los eventos posibles son:

1. Producir con ventaja comparativa el bien A y el bien B.
2. Producir con ventaja comparativa el bien A y no producir con ventaja comparativa el bien B.
3. No producir con ventaja comparativa el bien A y producir con ventaja comparativa el bien B.
4. No producir ni A ni B.

Para cada pareja de bienes, la suma de los países que se ubican en alguno de estos cuatro eventos o categorías corresponde al total de países (población). Si el primero de los eventos es la medida de proximidad, la suma de los otros tres eventos debería ser la medida de distancia. Por esta razón, la medida de distancia con la que se diseña el algoritmo de rutas se define como $(1 - P)$ donde P es la proximidad²³. Esto es consistente con la medida del negativo del logaritmo que usan en los análisis de países Hausmann y Klinger (2007, 2008), como medida de distancia –aunque el logaritmo es una transformación no lineal y por tanto aumenta más que proporcionalmente las distancias altas que las distancias bajas²⁴. Partiendo de esta definición de distancia, a continuación se analizan algunas de las propiedades que fundamentan el diseño del algoritmo.

En espacios como el plano cartesiano, una de las propiedades fundamentales de una medida de distancia es la desigualdad triangular, que establece que en un triángulo con vértices (A, B y C), la distancia entre los puntos A y C siempre es menor que la suma de las distancias entre A y B, y B y C. En el espacio de productos esta propiedad no se cumple, lo que hace interesante diseñar algoritmos que puedan encontrar caminos de transformación productiva más cortos y con un mayor número

²²La medida de proximidad tiene otros problemas que no son relevantes para este estudio, como el no tener en cuenta grandes diferencias de patrones de producción que sí son capturados por el índice de ventaja comparativa.

²³Sin embargo, Hausmann y Klinger (2006) calcularon la proximidad como el mínimo de dos probabilidades condicionales para eliminar los sesgos hacia arriba que introducen ventajas naturales en la medición de ventajas comparativas. La utilización de la función mínimo sugiere que el inverso aditivo no es la medida adecuada de distancia. Para simplificar el análisis, se asume que la medida de distancia es $1 - P$.

²⁴En futuros análisis se podría explorar el funcionamiento del algoritmo de búsqueda de rutas con transformaciones no lineales de la medida de proximidad, que den una ponderación mayor a distancias pequeñas que a distancias grandes.

de productos o puntos intermedios. El Cuadro 1 muestra una matriz de distancias con 10 productos. La primera fila y la primera columna son códigos de productos, y cada celda muestra la distancia que hay entre un producto y otro.

CUADRO 1.
EJEMPLO DE MATRIZ DE DISTANCIAS

| | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 101 | 0,0000 | 0,3704 | 0,0952 | 0,3333 | 0,2000 | 0,1930 |
| 102 | 0,3704 | 0,0000 | 0,2222 | 0,4074 | 0,3000 | 0,2982 |
| 103 | 0,9520 | 0,2222 | 0,0000 | 0,1429 | 0,1667 | 0,1228 |
| 104 | 0,3333 | 0,4074 | 0,1429 | 0,0000 | 0,1667 | 0,2105 |
| 105 | 0,2000 | 0,3000 | 0,1667 | 0,1667 | 0,0000 | 0,3333 |
| 106 | 0,1930 | 0,2982 | 0,1228 | 0,2105 | 0,3333 | 0,0000 |

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con esta información, la distancia entre el producto 102 y el 104 es de 0,4074. Sin embargo, existe una ruta alternativa, que pasa por más puntos y tiene una distancia menor, la cual está compuesta por los productos 102, 103 y 104. En esta ruta, dar un salto del producto 102 al 103 implica recorrer una distancia de 0,222; luego, pasar del producto 103 al 104 corresponde a una distancia de 0,1429, es decir, una distancia total de 0,3651.

La distancia recorrida entre los productos 102, 103 y 104 es menor a la distancia directa entre los productos 102 y 104. De esta manera, la medida de distancia en el espacio de productos permite encontrar rutas que describan la transición hacia nuevos bienes, elaborados con ventaja comparativa. Con base en esta propiedad y en los conceptos presentados en las secciones anteriores, el siguiente apartado presenta el algoritmo de búsqueda de rutas.

Algoritmo

El algoritmo utiliza tres insumos:

1. La matriz de distancias.
2. El punto inicial A que corresponde a un producto elaborado con ventaja comparativa en el país.
3. Un punto final C, es decir, un bien que haga parte de los objetivos de política industrial de largo plazo.

Como resultado se identifica un punto intermedio B, que satisface el criterio de partición.

El proceso se repite con varias iteraciones, hasta que se encuentra, si existe, una nueva ruta compuesta por el punto A, el punto C y un conjunto ordenado de pun-

tos intermedios $\{B_j\}_{j=1}^n$, que muestra el proceso de transición entre A y C²⁵. Los resultados cambian dependiendo de los criterios que se utilicen para encontrar el punto intermedio B_j en cada iteración (criterios de partición), los cuales se explican en la siguiente sección.

Criterios de partición fuerte

Los criterios de partición están definidos por una desigualdad entre dos elementos:

1. Una distancia inicial o distancia directa (criterio fuerte).
2. Una distancia intermedia, que corresponde a la distancia total de una posible ruta alternativa (criterio débil)²⁶.

La diferencia entre los criterios corresponde a cómo se define cada una de estas distancias. El que se utiliza para esta investigación es el criterio fuerte. La distancia entre el punto inicial A y el punto final C (\overline{AC}); la distancia intermedia es la suma de las distancias entre los puntos A y B_1 y los puntos B_1 y C ($\overline{AB_1} + \overline{B_1C}$ o $\overline{AB_1C}$). Un punto B_1 hace parte de una ruta si y solo si satisface la ecuación 8²⁷.

$$\underbrace{\overline{AC}}_{\text{Distancia inicial}} > \underbrace{\overline{AB_1} + \overline{B_1C}}_{\text{Distancia intermedia}} \quad (8)$$

Para rutas con más de un punto intermedio, el proceso se debe repetir tantas veces como sea necesario, es decir, realizando $j = 3, \dots, n$ iteraciones (siendo n un número máximo de iteraciones). En ese sentido, en la iteración j el punto B_j pertenece a la ruta si satisface la ecuación 9.

$$\underbrace{\overline{AB_1} + \left(\sum_{i=2}^{j-1} \overline{B_{i-1}B_i} \right)}_{\text{Distancia inicial en iteración } j} + \overline{B_{j-1}C} > \underbrace{\overline{AB_1} + \left(\sum_{i=2}^j \overline{B_{i-1}B_i} \right)}_{\text{Distancia intermedia}} + \overline{B_jC} \quad (9)$$

Intuitivamente, esta ecuación indica que se debe incluir otro punto intermedio B_j , dentro de la ruta, si y solo si la distancia recorrida de todo el trayecto –incluyendo dicho punto– es menor a la distancia inicial o directa entre los puntos A y C.

Algoritmo

Con base en los anteriores criterios, el algoritmo propuesto es:

²⁵En realidad se pueden encontrar múltiples rutas alternativas, es decir, no hay un único proceso de transición. Para esta investigación, se definieron criterios para seleccionar una sola, puesto que no es el principal objetivo hacer un análisis de multiplicidad y de procesos de trayectoria dependientes.

²⁶Es débil porque, aunque es posible encontrar un conjunto de puntos intermedios que conducen del punto A al C, la nueva ruta puede ser más amplia que la distancia directa entre A y C.

²⁷En el caso del criterio débil, la desigualdad de la ecuación 8 no se satisface, necesariamente.

1. Definir el criterio de partición.
2. Calcular la distancia intermedia para todos los productos, es decir, la parte derecha de la ecuación 9 para todos los puntos intermedios B_j posibles.
3. Eliminar los puntos o productos intermedios que no satisfagan el criterio de partición, es decir, la desigualdad de la ecuación 9.
4. Si hay múltiples puntos intermedios que satisfacen el criterio de partición, escoger el que tenga la menor distancia al producto inicial.
5. Si hay varios productos con la menor distancia al producto inicial, escoger aleatoriamente entre los que quedan.
6. Repetir los pasos anteriores en la siguiente iteración.

Los pasos 4 y 5 tienen el propósito de evitar el problema de multiplicidad de puntos y garantizan que se encuentre un único camino o ruta (si existe). A continuación se presenta un ejemplo para ilustrar cómo funciona el algoritmo.

Ejemplo

Un país tiene ventaja comparativa en un producto A y tiene como objetivo de política industrial de largo plazo el producto C. De acuerdo con la matriz de distancias, la distancia entre A y C es 0,9 ($\overline{AC} = 0,9$). Se establece que el criterio de partición a utilizar es el criterio fuerte. El proceso que seguiría el algoritmo en cada iteración es:

- **j = 3.** Al examinar la matriz de distancias, se encuentra un punto B_1 , tal que $\overline{AB_1} = 0,1$ y $\overline{B_1C} = 0,7$. De acuerdo con esta información, el producto B_1 satisface el criterio de partición fuerte, representado en la ecuación 9, ya que:

$$\overline{AC} = 0,9 > 0,8 = 0,1 + 0,7 = \overline{AB_1} + \overline{B_1C}$$

Esto implica que se ha encontrado una ruta de transformación productiva AB_1C cuya distancia es menor que la distancia directa entre A y C. La distancia de la nueva ruta $\overline{AB_1C} = 0,8$ va a ser la distancia inicial para la siguiente iteración.

- **j = 4.** En esta iteración se encuentra un producto B_2 tal que $\overline{B_1B_2} = 0,3$ y $\overline{B_2C} = 0,1$. Así, el producto B_2 satisface el criterio de partición de la ecuación 9, ya que:

$$\overline{AB_1C} = 0,8 > 0,5 = 0,1 + 0,3 + 0,1 = \overline{AB_1} + \overline{B_1B_2} + \overline{B_2C}$$

Por lo anterior, el producto B_2 se debe incluir dentro de la ruta, es decir, el nuevo trayecto es AB_1B_2C .

- **j = 5.** Al revisar la matriz de distancias, no se encuentra ningún otro producto que satisfaga el criterio de partición. Las iteraciones terminan y el algoritmo da como resultado la ruta AB_1B_2C .

Como complemento a la elaboración del algoritmo, se hicieron algunas pruebas utilizando información de la estructura productiva de Colombia. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente sección, junto con un análisis de la posición de Colombia en el espacio de productos.

Al ser pruebas piloto, sus resultados son preliminares y su alcance se limita a obtener algunas conclusiones generales sobre el proceso de transformación productiva en Colombia.

PRUEBAS PRELIMINARES: RESULTADOS PARA COLOMBIA

El propósito de este apartado es aplicar el algoritmo de búsqueda de rutas a la estructura productiva colombiana. Por definición, esto requiere especificar los insumos (ventaja comparativa y objetivos), y utilizar esa información para encontrar las rutas.

Ventajas comparativas de Colombia y su posición en el espacio de productos

Cuando se analiza la estructura productiva colombiana, se observa que la composición de su canasta exportadora ha sido prácticamente la misma, en los últimos quince años. El Cuadro 2 muestra los 10 productos con mayor participación en las exportaciones colombianas en el 2007 (columna % 2007) e incluye la participación que estos tenían en 1997 (columna % 1997). Además, la columna *Sofist* muestra el grado de sofisticación (*proxy* de valor agregado, en dólares americanos) de cada uno de ellos.

CUADRO 2.
PRODUCTOS CON MAYOR PARTICIPACIÓN EN LAS EXPORTACIONES COLOMBIANAS (1997 y 2007)

| Código | Descripción | Sofist. | % 1997 | % 2007 |
|--------|--|---------|--------|--------|
| 2709 | Aceites crudos de petróleo | 17.301 | 20,24 | 18,49 |
| 2701 | Hullas, briquetas y combustibles sólidos | 13.685 | 7,62 | 11,09 |
| 2710 | Aceites de petróleo o de mineral bituminoso | 13.788 | 3,15 | 5,82 |
| 901 | Café, tostado descafeinado; cáscara y cascarilla | 2.168 | 19,61 | 5,78 |
| 7202 | Ferroaleaciones | 8.737 | 1,39 | 5,61 |
| 603 | Flores y capullos | 5.752 | 4,73 | 3,72 |
| 8703 | Coche de turismo y demás vehículos | 22.001 | 0,27 | 2,57 |
| 803 | Bananas o plátanos, frescos o secos | 6.497 | 4,36 | 1,90 |
| 7112 | Desperdicios y desechos, de metal precioso | 15.978 | 0,00 | 1,59 |
| 201 | Carne de animales de la especie bovina | 10.733 | 0,02 | 1,12 |
| Total | | | 61,37 | 57,68 |

Fuente: WITS, IDM. Cálculos propios.

Para 2007, las exportaciones colombianas estaban concentradas en extracción de recursos naturales y productos agrícolas con bajo valor agregado. Aunque algunos bienes con alto nivel de sofisticación (autos y vehículos) habían cobrado importancia, su participación aún era muy baja en el total exportado (2,57 %).

El Cuadro 3 muestra los 20 productos de las exportaciones colombianas, cuyo índice de ventaja comparativa era más alto en 1997 y 2007. En otras palabras, este indicador refleja los productos en los que Colombia se especializaba, en comparación con el resto del mundo. La ventaja comparativa más alta se tenía en productos agrícolas (flores, café y banano). En segundo lugar, se ubicaban productos minerales como combustibles sólidos y líquidos, así como la explotación de piedras preciosas.

CUADRO 3.
PRODUCTOS CON VENTAJA COMPARATIVA PARA COLOMBIA

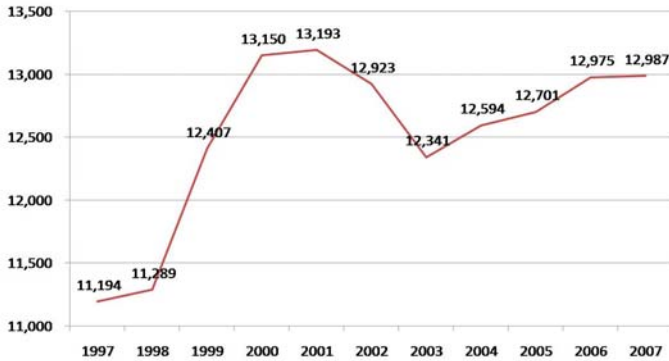
| Cod. | Descripción | Sofist. | VC 1997 | VC 2007 |
|------|--|---------|---------|---------|
| 603 | Flores y capullos | 5.752 | 64,5 | 66,7 |
| 901 | Café, tostado descafeinado; cáscara y cascarilla | 2.168 | 71,8 | 44,6 |
| 803 | Bananas o plátanos, frescos o secos | 6.497 | 42,9 | 40,1 |
| 2701 | Hullas y combustibles | 13.685 | 18,5 | 29,5 |
| 7202 | Ferroaleaciones | 8.737 | 13,1 | 29,4 |
| 511 | Productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otra parte | 12.133 | 0,3 | 24,8 |
| 6905 | Tejas, elementos de chimenea | 13.645 | 1,8 | 22,9 |
| 7103 | Piedras preciosas o semipreciosas naturales | 3.864 | 38,1 | 22,2 |
| 7003 | Vidrio colado o laminado en placas | 9.339 | 3,2 | 18,6 |
| 7112 | Desperdicios y desechos, de metal precioso | 15.978 | 0,1 | 17,5 |
| 9602 | Materias vegetales o minerales para tallar | 12.646 | 13,0 | 17,5 |
| 2616 | Minerales de metales preciosos y sus concentrados | 2.352 | 3,4 | 15,6 |
| 4103 | Los demás cueros y pieles, en bruto | 4.888 | 8,5 | 15,6 |
| 510 | Ambar gris, castóreo, algalia y almizcle | 8.092 | 20,2 | 15,2 |
| 2509 | Creta | 17.104 | 3,0 | 14,7 |
| 7111 | Chapados (plaqué) de platino sobre metal | 10.690 | 0,0 | 14,5 |
| 7614 | Cables, trenzas y similares, de aluminio, sin aislar para electricidad | 9.963 | 1,3 | 13,2 |
| 1704 | Artículos de confitería sin cacao (incluido el chocolate blanco) | 8.608 | 7,4 | 13,0 |
| 2101 | Extractos, esencias y, concentrados de café, té o yerba mate | 7.850 | 28,1 | 12,9 |
| 5606 | Hilados entorchados | 15.787 | 13,8 | 12,8 |

Fuente: WITS, IDM. Cálculos propios.

A pesar de que estos productos mostraban una ventaja comparativa alta para Colombia, entre 1997 y 2007, su nivel de sofisticación era bajo. Esto indica que el país no tuvo un proceso de transformación productiva durante el período considerado.

La Gráfica 1 muestra la sofisticación de la canasta exportadora de Colombia en 1997 y 2007. Se observa que pasó de US\$ 11,194 en 1997 a US\$ 12,987 en 2007.

GRÁFICA 1.
SOFISTICACIÓN DE LAS EXPORTACIONES COLOMBIANAS (US\$)



Fuente: WITS, IDM. Cálculos propios.

El cambio neto en la sofisticación, entre 1997 y 2007, es de US\$1,793. El Cuadro 4 presenta las variaciones más importantes en la sofisticación de la canasta exportadora de Colombia, las cuales explican el resultado neto.

Las columnas %1997 y %2007 indican la participación de estas exportaciones en la canasta de Colombia en 1997 y 2007, respectivamente. Las columnas *Expy97* y *Expy07* expresan la contribución que hace cada producto a la sofisticación de la canasta exportadora de ese año. La última columna representa el cambio en esta contribución.

Dentro de los resultados se observa una caída de la participación de tres productos con alto nivel de sofisticación: aceites crudos de petróleo, metal precioso en estado coloidal y medicamentos. Estos tres tenían una sofisticación más alta que la del país, por lo que la caída en su participación representa un efecto final negativo, a menos que fueran reemplazados por bienes de igual o mayor nivel de sofisticación.

Otros cambios obedecieron a la reducción en la participación de exportaciones tradicionales de Colombia, como el banano y el café. Dado que estos bienes tenían una sofisticación más baja que la sofisticación promedio del país, la reducción en su participación abrió un espacio para que productos con mayor valor agregado pasaran a ser parte de las principales exportaciones.

Cabe resaltar el aumento en la participación de vehículos, producto que tenía un nivel de sofisticación muy superior al de las exportaciones colombianas (US\$ 22,001). Muy superior al de las exportaciones colombianas (US \$ 22,001), así como el incremento en la participación de carbon (código 2710). Sin embargo, estos productos resultan de la extracción de recursos naturales, que difícilmente pueden crear riqueza en un país en desarrollo²⁸.

²⁸La relación inversa entre abundancia en recursos naturales y crecimiento económico es analizada por (Sachs y Warner, 1995), quienes encuentran que países con abundancia de recursos naturales tienden a crecer menos que países con recursos naturales escasos.

CUADRO 4.
CAMBIOS EN LA SOFISTICACIÓN DE LA CANASTA EXPORTADORA DE COLOMBIA (1997 y 2007)

| Código | Descripción | Sofist. | % 1997 | % 2007 | Expy97 | Expy07 | Cambio |
|--------|---|---------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 2709 | Aceites crudos de petróleo | 17.301 | 20,24 | 18,49 | 3.502,0 | 3.199,2 | -302,8 |
| 901 | Café, tostado descafeinado | 2.168 | 19,61 | 5,78 | 425,2 | 125,4 | -299,8 |
| 2843 | Metal precioso en estado coloidal | 25.951 | 0,75 | 0,03 | 195,5 | 6,9 | -188,7 |
| 803 | Bananas o plátanos | 6.497 | 4,36 | 1,90 | 283,1 | 123,4 | -159,7 |
| 3004 | Medicamentos | 21.577 | 1,42 | 0,90 | 306,0 | 195,0 | -111,1 |
| 201 | Carne de animales de la especie bovina | 10.733 | 0,02 | 1,12 | 1,7 | 120,4 | 118,7 |
| 7112 | Desperdicios y desechos, de metal precioso | 15.978 | 0,00 | 1,59 | 0,5 | 254,2 | 253,7 |
| 7202 | Ferroaleaciones | 8.737 | 1,39 | 5,61 | 121,5 | 489,8 | 368,3 |
| 2710 | Aceites de petróleo o de mineral bituminoso | 13.788 | 3,15 | 5,82 | 433,7 | 802,1 | 368,4 |
| 2701 | Hullas, briquetas y combust. solid. | 13.685 | 7,62 | 11,09 | 1.042,7 | 1.517,0 | 474,3 |
| 8703 | Coches de turismo y demás vehículos automóviles | 22.001 | 0,27 | 2,57 | 58,9 | 564,6 | 505,8 |

Fuente: WITS, IDM. Cálculos propios.

El objetivo de la transformación productiva es alcanzar productos con valor agregado más alto, puesto que estos tienen mayor capacidad de creación de riqueza para un país. Alcanzar este propósito es un proceso gradual, es decir, requiere:

1. Definir metas de corto, mediano y largo plazo, coordinadas entre sí.
2. Modificar, progresivamente, el entorno empresarial para alcanzar las metas propuestas.

No existe un único objetivo, ya que hay productos o familias de productos que tienen valor agregado similar, pero que requieren capacidades completamente diferentes. Por ejemplo, los artículos de orfebrería tienen un nivel de sofisticación (US\$ 14.074), similar al de las máquinas y aparatos para elaborar tabaco (US\$ 14.109). Sin embargo, las capacidades que se requieren para producir estos dos bienes son muy diferentes. Para solucionar el problema, se emplean los conceptos de densidad y valor estratégico para definir los objetivos de política para el país.

Como se presentó anteriormente, la densidad es la proximidad promedio de un bien a aquellos en los que el país tiene ventaja comparativa. Por ejemplo, la densidad de un computador para Colombia es la proximidad promedio que este tiene con las flores, el café, el banano, el carbón y todos aquellos productos en los que Colombia tiene ventaja comparativa. Si son productos muy distantes, Colombia tiene una densidad baja en este producto, es decir, sus capacidades productivas se encuentran muy lejos de las que se requieren para llegar a producirlo. En este

sentido, la densidad también se puede interpretar como la probabilidad de llegar a producir un bien, con las capacidades que ese país ya ha desarrollado.

Por otro lado, el valor estratégico combina los conceptos de densidad y sofisticación, para productos en los que el país no tiene ventaja comparativa. Si el país tiene ventaja en algún producto, su valor estratégico es igual a cero.

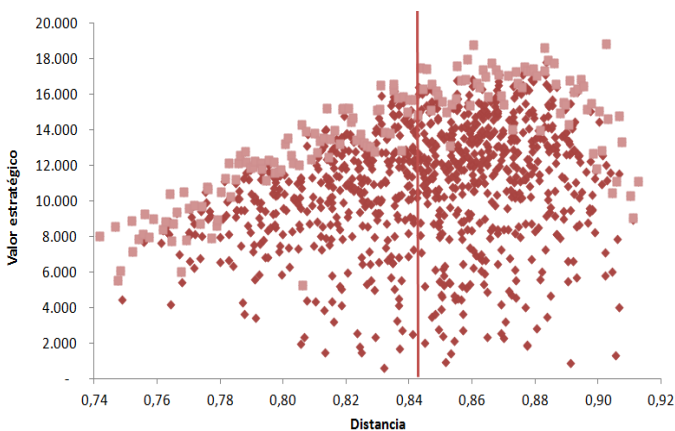
Los productos con valor estratégico positivo representan una oportunidad si están cerca de otros que tengan alto valor agregado, es decir, llegar a producirlos ubica al aparato productivo de un país muy cerca de bienes con alto valor agregado. El valor estratégico mide esta capacidad para cada producto.

Los indicadores de densidad y valor estratégico permiten identificar combinaciones de bienes con valor estratégico positivo y densidades entre uno y otro (estrategias).

Dentro del conjunto de estrategias algunas pueden calificarse como óptimas y otras como sub-óptimas. Esto significa que productos o estrategias de transformación productiva que están a la misma distancia (o densidad) pueden tener diferentes valores estratégicos. Por lo tanto, la de mayor valor estratégico es la óptima o eficiente y la otra será sub-óptima o ineficiente. La frontera eficiente propuesta por (Hausmann y Klinger, 2007), identifica las estrategias eficientes e ineficientes.

La Gráfica 2 muestra la frontera eficiente para el caso de Colombia, la cual está compuesta por 160 productos, que constituyen un conjunto de estrategias diferentes de transformación productiva. Un resumen por capítulos (HS a dos dígitos) se presenta en el Cuadro 5.

GRÁFICA 2.
FRONTERA EFICIENTE PARA COLOMBIA



Fuente: WITS, IDM. Cálculos propios.

CUADRO 5.
RESUMEN DE LA FRONTERA EFICIENTE DE COLOMBIA

| Cód. | Descripción | # Prod. | Prom. VE | Desv. VE | Prom. Dist | Desv. Dist |
|------|---|---------|----------|----------|------------|------------|
| 84 | Reactores nucleares, calderas, máquinas y partes. | 17 | 16.344 | 1.024 | 0,8623 | 0,0158 |
| 73 | Manufactura de fundición, de hierro o acero. | 9 | 14.464 | 2.600 | 0,8237 | 0,0303 |
| 85 | Aparatos y material eléctrico, de grabación. | 6 | 15.740 | 2.624 | 0,8543 | 0,0431 |
| 90 | Instrumentos y aparatos de óptica. | 6 | 14.479 | 3.002 | 0,8931 | 0,0152 |
| 72 | Fundición, hierro y acero. | 5 | 14.094 | 3.352 | 0,8338 | 0,0436 |
| 29 | Productos químicos orgánicos. | 5 | 15.132 | 3.471 | 0,8898 | 0,0131 |
| 8 | Frutos comestibles. | 4 | 7.460 | 2.586 | 0,7630 | 0,0169 |
| 62 | Prendas y complementos de vestir. | 4 | 9.730 | 1.687 | 0,7660 | 0,0260 |
| 32 | Extractos curtientes, pinturas, tintas. | 4 | 13.804 | 2.154 | 0,8148 | 0,0288 |
| 76 | Aluminio y sus manufacturas. | 4 | 13.690 | 1.614 | 0,8199 | 0,0153 |
| 48 | Papel, cartón y sus manufacturas. | 4 | 13.205 | 1.890 | 0,8207 | 0,0337 |
| 39 | Materias plásticas y manufacturas. | 4 | 13.651 | 2.877 | 0,8517 | 0,0565 |
| 70 | Vidrio y manufacturas. | 4 | 13.634 | 1.009 | 0,8593 | 0,0275 |
| 34 | Jabones, ceras artificiales, pastas. | 4 | 14.790 | 2.838 | 0,8647 | 0,0495 |
| 20 | Preparaciones de legumbres. | 3 | 9.599 | 1.426 | 0,7632 | 0,0056 |
| 44 | Madera, carbón vegetal y manufacturas de madera. | 3 | 9.949 | 2.282 | 0,7758 | 0,0126 |
| 64 | Calzado, botines. | 3 | 10.969 | 1.713 | 0,7781 | 0,0168 |
| 68 | Manufacturas de piedra, yeso, cemento, mica y análogas. | 3 | 13.242 | 1.162 | 0,8047 | 0,0131 |
| 56 | Guata, fieltro y telas sin tejer; cordeles, cuerdas. | 3 | 13.309 | 2.504 | 0,8079 | 0,0305 |
| 69 | Productos cerámicos. | 3 | 14.556 | 1.781 | 0,8241 | 0,0235 |

Fuente: WITS, IDM. Cálculos propios.

Las mayores oportunidades para Colombia se concentran en el capítulo de reactores nucleares, calderas, máquinas y partes, en el cual hay 17 productos²⁹ con un valor estratégico promedio de US\$16,344, pero a una distancia promedio relativamente alta. Una industria interesante es la de manufactura de fundición, de hierro o acero, con valor estratégico promedio de US\$14,464 y a una distancia más baja (0,82).

Objetivos de la política industrial de largo plazo

El programa de Transformación Productiva (TP) en cabeza del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MCIT) de Colombia, mediante la formulación de planes de negocios sectoriales y de una alianza público-privada, busca servir como iniciador de un proceso exitoso de transformación productiva que soporte el crecimiento económico del país.

²⁹Este resultado tiene un efecto de escala, debido a que es el capítulo con más códigos a 4 dígitos.

La estructura del plan del MCIT se divide en dos acciones:

1. Estimular la producción de sectores ya establecidos (más y mejor de lo bueno).
2. Impulsar nuevos sectores con proyección en el comercio internacional.

El Cuadro 6 presenta las dos acciones y los sectores que hacen parte de cada una³⁰. Cada sector tiene un plan de negocio que define su historia, estado actual y perspectivas, como base para la formulación de una estrategia sectorial. Estos planes de acción, contienen iniciativas relacionadas con cuatro ejes temáticos:

1. Desarrollo de capital humano.
2. Normatividad y regulación adecuada para cada sector.
3. Fortalecimiento de la industria, por medio de la atracción de inversión extranjera y fortalecimiento de gremios.
4. Gestión de la disponibilidad de infraestructura necesaria.

Según los cálculos del MCIT para el 2032 estos sectores habrán obtenido 10 veces sus ingresos de 2008 y 28 veces su nivel de exportaciones. Lo anterior implicaría ventas por US\$215 mil millones y exportaciones por US\$126 mil millones (McKinsey & Company 2009). En la actualidad el MCIT avanza en el diseño e implementación, en etapas primarias, de los planes de negocio con miras a alcanzar dichos objetivos.

CUADRO 6.
ESTRUCTURA DEL PLAN DEL MCIT

| Acción 1: Más y mejor de lo bueno | |
|--|--|
| Sector | Subsectores incluidos |
| 1. Industria de la comunicación gráfica | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Empaques y etiquetas ✓ Publicitario y comercial ✓ Editorial ✓ Periódicos y revistas ✓ Servicios relacionados con la industria |
| 2. Energía eléctrica, bienes y servicios conexos | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generación, distribución, transporte y comercialización de energía eléctrica ✓ Fabricación y comercialización de bienes, suministros, o prestación de servicios similares |
| 3. Autopartes | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ensamble de vehículos ✓ Fabricación de piezas y partes |
| 4. Textiles, confecciones, moda y diseño | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Producción de ropa, tela, hilo, fibra, diseño, y productos relacionados. ✓ Calzado |

³⁰En el Cuadro 6 es necesario hacer dos aclaraciones. Aunque desde el punto de vista técnico el sector calzado es un sector diferente, en las estadísticas económicas se suele incluir como parte de la industria textil. Por otra parte, los servicios tercerizados a distancia corresponden al sector conocido como Business Process Outsourcing & Offshoring (BPO&O) por su nombre en inglés.

Acción 2: Nuevos sectores con proyección internacional

| Sector | Descripción |
|---|--|
| 1. Software y tecnologías de la información | Desarrollo de software empaquetado (soluciones que se venden bajo una marca establecida) Prestación de servicios de TI (desde el desarrollo de aplicaciones hechas a la medida hasta consultoría, pasando por el soporte a redes de tecnología e información) |
| 2. Servicios tercerizados a distancia | Subcontratación de funciones de procesos de negocio con proveedores de servicios |
| 3. Cosméticos y artículos de aseo | Cadena productiva de detergentes y productos de aseo, jabones y cosméticos |
| 4. Turismo en salud | Atención de los turistas que ingresan al país buscando atención médica o servicios asociados con el bienestar |

Fuente: MCIT.

Considerando lo expuesto en la sección anterior y los resultados del Cuadro 6, se analizarán los sectores textil y autopartes. El sector textil está representado en productos del capítulo de prendas y complementos de vestir, excepto de punto; aunque es uno de los más cercanos a las capacidades del país, tiene un valor estratégico positivo, es decir, Colombia no tiene ventaja comparativa en ese producto. El sector de autopartes, por su parte, corresponde al capítulo de vehículos automóviles; a pesar de ubicarse en la frontera, tiene sólo un producto.

Rutas

Se realizaron 3.200 experimentos en los cuales se calcularon rutas alternativas entre los productos en los cuales Colombia cuenta con ventaja comparativa y aquellos que hacen parte de las metas del MCIT ³¹.

Los resultados de los experimentos³², se dividen en cuatro grupos:

1. Matrices de distancia originales.
2. Matrices de distancias obtenidas por medio del algoritmo.
3. Porcentaje de reducción de la distancia que proponen las nuevas rutas con respecto a las distancias originales.
4. Matriz entre productos, que muestra el número de bienes intermedios que fueron encontrados en las nuevas rutas.

Los resultados deben permitir:

³¹Se concentran en los capítulos 49 (productos editoriales, prensa, textos), 85 (aparatos y material eléctrico, de grabación o imagen), 86 (vehículos y material para vía férrea, aparatos de señalización), 62 (prendas y complementos de vestir, excepto de punto) y 64 (calzado, botines, artículos análogos y partes).

³²Los resultados pueden ser solicitados a los autores mediante correo electrónico.

- Identificar una reducción real en términos de distancia entre dos productos, de manera que se puedan comparar los resultados con la matriz de distancias original.
- Establecer el número de bienes intermedios encontrados en una nueva ruta. Un mayor número de bienes intermedios, suaviza la transición entre un producto y otro.

En términos generales, los resultados del ejercicio indican que el promedio de reducción de distancias entre los bienes en los cuales el país cuenta con ventaja comparativa y aquellos productos que hacen parte de las metas del MCIT es del 18 %. Al analizar el impacto de las nuevas rutas se observó una reducción promedio del 16 % con los productos de la industria de la comunicación gráfica, 15 % con los productos del sector energético, 19 % con autopartes y 20 % con los productos pertenecientes al rubro de textiles, confecciones, moda y diseño.

Adicionalmente, es posible analizar el número de productos intermedios entre cada uno de los pares de productos definidos en la matriz inicial. Se encontraron en promedio 1,35 productos intermedios en el sector de textiles, confecciones, moda y diseño; seguido por 1,28 productos intermedios en el sector energético; 1,24 en autopartes y 1,2 en la industria gráfica. Estos datos no muestran que el aparato productivo colombiano esté más cerca o más lejos de un sector u otro, pero sí que es posible definir una mayor variedad de rutas de transformación productiva en el sector de textiles que en el sector de la industria gráfica.

Cruzando la información anterior —es decir, los pares de productos con mayor cantidad de bienes intermedios y que a la vez presentaron reducciones más significativas en sus indicadores de distancia—, se consideraron varios casos y se categorizaron a partir de una valoración subjetiva.

Por un lado, se presentan los casos en los cuales la transición cuenta con una explicación desde el punto de vista de la evolución del proceso productivo: *casos de transición consistente*; por el otro, se exponen los casos con rutas de transformación productiva aparentemente abrupta: *casos de transición inconsistente*.

Casos tipo 1 (transición consistente)

En la mayoría de los casos encontrados en el ejercicio, las nuevas rutas concuerdan con los requisitos de factores productivos necesarios para desarrollar una actividad puntual. En el Cuadro 7 se presentan las nuevas rutas entre el producto 7614 (cables, trenzas y similares, de aluminio, sin aislar para electricidad) y el 4908 (calcomanías de cualquier clase). En este caso se trata de una serie de pasos coherentes con las actividades iniciales y de destino.

La nueva ruta sugiere que para llegar a la producción de calcomanías es necesario el paso hacia artículos asociados con pinturas y barnices, y productos de fieltro impregnado (en este caso por contar con los factores productivos y tecnología nece-

sarios para la elaboración de calcomanías). La reducción en términos de distancia de la nueva ruta propuesta asciende a 46 %.

CUADRO 7.
RUTAS ALTERNATIVAS (CASO 1A)

| | | |
|--|---|--|
| 7614 | | 3209 |
| Cables, trenzas y similares, de aluminio, sin aislar para electricidad. | ⇒ | Pinturas y barnices a base de polímeros sintéticos o naturales modificados, dispersos o disueltos. |
| 3209 | | 5602 |
| Pinturas y barnices a base de polímeros sintéticos o naturales modificados, dispersos o disueltos. | ⇒ | Fieltro, incluso impregnado, recubierto, revestido o estratificado. |
| 5602 | | 4908 |
| Fieltro, incluso impregnado, recubierto, revestido o estratificado. | ⇒ | Calcomanías de cualquier clase. |

Fuente: elaboración propia.

El Cuadro 8 presenta las nuevas rutas alternativas entre el producto 603 (flores y capullos, cortados para ramos o adornos, frescos, secos, blanqueados, tejidos, impregnados) y el producto 6201 (abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y artículos similares, para hombres o niños). La nueva senda encontrada implica una reducción en la distancia del 49 %. Si bien hay un salto importante a lo largo del proceso, es posible observar una coherencia en la sofisticación del producto inicial hasta llegar al objetivo.

CUADRO 8.
RUTAS ALTERNATIVAS (CASO 1B)

| | | |
|--|---|--|
| 603 | | 710 |
| Flores y capullos, cortados para ramos o adornos, frescos, secos, blanqueados, tejidos, impregnados. | ⇒ | Hortalizas (incluso silvestres) aunque estén cocidas en agua o vapor, congeladas. |
| 710 | | 2001 |
| Hortalizas (incluso silvestres) aunque estén cocidas en agua o vapor, congeladas. | ⇒ | Hortalizas frutas y otros frutos y demás partes comestibles de plantas, preparados o conservados. |
| 2001 | | 6202 |
| Hortalizas frutas y otros frutos y demás partes comestibles de plantas, preparados o conservados. | ⇒ | Abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y artículos similares, para mujeres o niñas. |
| 6202 | | 6001 |
| Abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y artículos similares, para mujeres o niñas. | ⇒ | Terciopelo, felpa (incluidos los tejidos de punto “de pelo largo”) y tejidos con bucles, de punto. |

Nota. Código a 4 dígitos.

Fuente: elaboración propia.

Otro ejemplo de transición coherente se presenta en el Cuadro 9, en el cual se exponen las nuevas rutas entre el producto 2616 (minerales de metales preciosos y sus concentrados) y el 8546 (aisladores eléctricos de cualquier material). La reducción en términos de distancia de la nueva ruta asciende 52 %, siendo una de las más importantes de la muestra³³. Por último, en el Cuadro 10 se presenta un último caso de transición consistente.

CUADRO 9.
RUTAS ALTERNATIVAS (CASO 1C)

| | | |
|--|---|--|
| 2616 | | 6813 |
| Minerales de metales preciosos y sus concentrados. | ⇒ | Guarniciones de fricción (por ejemplo: hojas, rollos, tiras, segmentos, discos, arandelas) |
| 6813 | | 8546 |
| Guarniciones de fricción (por ejemplo: hojas, rollos, tiras, segmentos, discos, arandelas) | ⇒ | Aisladores eléctricos de cualquier material. |

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 10.
RUTAS ALTERNATIVAS (CASO 1D)

| | | |
|---|---|---|
| 511 | | 4415 |
| Productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otra parte; animales muertos. | ⇒ | Cajones, cajas, jaulas, tambores. |
| 4415 | | 6202 |
| Cajones, cajas, jaulas, tambores. | ⇒ | Abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y art+iculos similares, para mujeres o niñas. |
| 6202 | | 6210 |
| Abrigos, chaquetones, capas, anoraks, cazadoras y art+iculos similares, para mujeres o niñas. | ⇒ | Prendas de vestir confeccionadas con productos de cuero. |

Nota. Código a 4 dígitos.

Fuente: elaboración propia.

Casos tipo 2 (transición abrupta o aparentemente inconsistente)

A diferencia de los casos tipo 1, existen resultados en los cuales se observa una transición entre productos cuyos insumos, aparentemente, no están relacionados. En el Cuadro 11 se presentan las nuevas rutas entre el producto 511 (productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otra parte; animales muertos)

³³En el caso 1C, el resultado podría interpretarse como una serie de pasos ordenados para fortalecer la producción de ciertos bienes, de moderado valor agregado, hasta llegar de manera eficiente a un producto objetivo de alto valor agregado.

y el 6214 (chales, pañuelos de cuello, bufandas, mantillas, velos y artículos similares). El producto que se propone como intermedio entre la producción de ambos bienes es el 504 (tripas, vejigas y estómagos de animales, excepto los de pescado, enteros o en trozos), el cual no sugiere una alta correlación de tecnologías para la elaboración de los productos finales.

CUADRO 11.
RUTAS ALTERNATIVAS (CASO 2A)

| | | |
|---|---|---|
| 511 | | 504 |
| Productos de origen animal no expresados ni comprendidos en otra parte; animales muertos. | ⇒ | Tripas, vejigas y estómagos de animales, excepto los de pescado, enteros o en trozos. |
| 504 | | 6214 |
| Tripas, vejigas y estómagos de animales, excepto los de pescado, enteros o en trozos. | ⇒ | Chales, pañuelos de cuello, bufandas, mantillas, velos y artículos similares. |

Nota. Código a 4 dígitos.

Fuente: elaboración propia.

En sintonía con lo anterior, en el Cuadro 12 se presentan las nuevas rutas entre el producto 2101 (extractos, esencias y, concentrados de café, té o yerba mate y preparaciones a base de estos productos) y el 6216 (guantes, mitones y manoplas).

CUADRO 12.
RUTAS ALTERNATIVAS (CASO 2B)

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| 2101 | | 6302 |
| Extractos, esencias y, concentrados de café, té o yerba mate y preparaciones a base de estos productos. | | Ropa de cama, mesa, tocador o cocina. |
| 6302 | | 6216 |
| Ropa de cama, mesa, tocador o cocina. | | Guantes, mitones y manoplas. |

Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que en los casos 2A y 2B, la reducción en términos de distancia de las nuevas rutas propuestas asciende a 46 % y 58 %, respectivamente. Esto sugiere que el uso del algoritmo debe estar acompañado de un análisis cualitativo del sector para explotar los beneficios de los nuevos trayectos identificados.

Conclusiones

La revisión de literatura sobre transformación productiva permitió construir una definición de ruta y un algoritmo matemático que identifica trayectos entre dos puntos en el espacio de productos. Esto representa un aporte teórico, porque la

mayor parte de trabajos académicos sobre espacio de productos se limita a identificar objetivos de política deseables (sofisticación y valor estratégico), y a medir distancias entre dichos objetivos y las estructuras productivas actuales (densidad); sin embargo, carece de instrumentos para describir el proceso de transición entre uno y otro. La metodología propuesta hace un avance en esta dirección y brinda una ampliación al concepto de espacio de productos.

De otra parte, el artículo cuestiona la visión tradicional del proceso de desarrollo industrial, en el que se establecen unos objetivos y se define una única estrategia para alcanzarlos. En contraste, el concepto de rutas plantea la existencia de múltiples caminos para cumplir con los objetivos y propone un criterio (distancia recorrida), que permite comparar los trayectos. Si bien ese no puede ser el único aspecto cuando se trata de tomar decisiones, es un criterio formal y medible, y en ese sentido novedoso.

Las pruebas preliminares del algoritmo sugieren que tiene potencial empírico. Utilizando información sobre Colombia, el algoritmo obtuvo dos resultados importantes:

1. Encontró rutas, es decir, identificó caminos entre objetivos de política y ventajas comparativas actuales, con distancias recorridas menores a las distancias directas. Esto sugiere que, en el contexto del espacio de productos, el análisis de rutas es pertinente.
2. Las rutas redujeron en 18 %, en promedio, las distancias entre productos actuales y metas de largo plazo. Esto sugiere que el análisis es relevante, puesto que se puede utilizar para proponer metas de corto y mediano plazo, las cuales puedan conducir, más fácil y rápidamente, a alcanzar los objetivos de largo plazo.

El análisis elaborado en el artículo se puede refinar de varias formas. Una de ellas consiste en mejorar la medición de distancia entre productos. Si bien la medida de distancia es aceptable, deja de lado información sobre asimetría en distancias y no está definida a partir de probabilidades condicionales sino como el inverso aditivo de la medida de proximidad.

Igualmente, es posible mejorar el algoritmo permitiendo revisiones de la ruta hacia adelante y atrás, ya que en su versión actual solo corrige y busca alternativas entre el punto intermedio y el objetivo final.

Finalmente, el estudio de rutas podría ampliarse en varias direcciones. La primera consiste en evaluar la convergencia en resultados que arroja el algoritmo con información sobre procesos de transformación productiva en diferentes países, lo cual le daría un sustento empírico al concepto de ruta. La segunda, sería diseñar algoritmos que encuentren rutas por grupos de productos. El algoritmo que se presentó en este documento encuentra rutas 1-1 –es decir, de un producto a otro producto–, pero un país no tiene ventaja en un único producto, sino en un conjunto. Esto hace relevante tratar de encontrar el camino más corto para pasar de un grupo de productos a otro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amiti, M. y Konings, J. (2007). Trade Liberalization, Intermediate Inputs, and Productivity: Evidence from Indonesia. *The American Economic Review*, 97(5), 1611-1638.
2. Bertsekas, D.P. (1998). *Network Optimization: Continuous and Discrete Models*. Cambridge, MA: MIT Press.
3. Blanchard, O. (1989). *Lectures on Macroeconomics*. Cambridge, MA: MIT Press.
4. CEPAL (2008). *Trigésimo segundo período de sesiones de la CEPAL. La transformación productiva: 20 años después. Viejos problemas, nuevas oportunidades, 2008. Santiago de Chile: CEPAL*. Recuperado de: http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/7/33277/2008-117-SES.32-Latransformacion-WEB_OK.pdf
5. Rodríguez-Clare, A. (2007). Clusters and Comparative Advantage: Implications for industrial Policy. *Journal of Development Economics*, 82(1), 43-57.
6. Coe, D. T., Helpman, E. y Hoffmaister, A. W. (1997). North - South R&D Spillovers. *Economic Journal, Royal Economic Society*, 107(440), 134-149.
7. Dixit, A. y Norman, V. (1980). *Theory of International Trade*. Cambridge: Cambridge University Press.
8. Gilli, F. (2009). Sprawl or Reagglomeration? The Dynamics of Employment Deconcentration and Industrial Transformation in Greater Paris. *Urban Studies*, 46(7), 1385-1420.
9. Hansen, H. K. y Winther, L. (2007). The Spaces of Urban Economic Geographies: Industrial Transformation in the Outer City of Copenhagen. *Danish Journal of Geography*, 107(2), 45-58.
10. Hausmann, R. y Klinger, B. (2006). *Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space* (CID Working Paper No. 128). Bogotá: CID.
11. Hausmann, R. y Klinger, B. (2007). Achieving Export-Led growth in Colombia (CID Working Paper No. 182.). Bogotá: CID.
12. Hausmann, R. y Klinger, B. (2008). South Africa's export predicament. *Economics of transition* 16(4), 609-637.
13. Hausmann, R. y Rodrik, D. (2003). Economic Developments and Self-Discovery. *Journal of Development Economics*, 72(2), 603-633.
14. Helpman, E. y Krugman, P. (1985). *Market Structure and Foreign Trade*. Cambridge: MIT Press.
15. Hidalgo, C. y Hausmann, R. (2008). A network view of economic development. *Developing alternatives*, 12(1), 5-10.
16. Hirschman, A.O. (1958). *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press.
17. Hoekman, B. y Javorcik, B. (2006). *Global Integration and Technology Transfer*. Washington DC: Palgrave-McMillan and World Bank.
18. Krugman, P. (1986). A technology gap model of international trade. En K. Jungenfeldt & D. Hague eds. *Structural Adjustment in Advanced Economies*. New York: Macmillan.
19. Krugman, P. y Obstfeld, M. (2006). *International Economics: Theory and Policy*. Cambridge, MA: Addison-Wesley.

20. Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.
21. Martín, C. y Ramírez, J. (2005). *Impacto económico de un acuerdo parcial de libre comercio entre Colombia y Estados Unidos* (Borradores de Economía, Banco de la República, 326). Bogotá: Banrep.
22. McKinsey & Company (2009). *Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia 2009*. Bogotá: Colombia. Recuperado de: <https://www.mincomercio.gov.co/ptp/descargar.php?id=40518>
23. Myrdal, G. (1956). *The Political Element in the Development of Economic Theory*. Cambridge MA: Harvard University Press.
24. United Nations (2006). *World Economic and Social Survey 2006: Diverging Growth and Development*. Washington DC: Department of Economic and Social Affairs. Recuperado de: http://www.un.org/en/development/desa/policy/wess/wess_archive/2006wess.pdf
25. Nurske, R. (1953). *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*. Oxford: Basil Blackwell.
26. Ocampo, J.A. (2005). *Más allá de las reformas. Dinámica estructural y vulnerabilidad económica*. Bogotá D.C.: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - Alfaomega.
27. Piper, L. (2009). *The industrial transformation of subarctic Canada*. British Columbia: UBC Press.
28. Plata, L.G. y Avendaño, H. (2010). *Alcanzando el futuro deseado. Transformación productiva e internacionalización de Colombia*. Bogotá D.C.: D'VINNI.
29. Porter, M. (1990). *Competitive Advantage of Nations*. New York: The Free Press.
30. Prebisch, R. (1949). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
31. Rodrik, D. (2004). Industrial policy for the twenty-first century (KSG Working Paper No. RWP04-047). Cambridge: John F. Kennedy School of Government Faculty Research, Harvard University. Recuperado de: <http://ssrn.com/abstract=617544> o <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.617544>.
32. Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long Run Growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
33. Sachs, J. y Warner, A. M. (1995). Natural Resource Abundance and Economic Growth. NBER Working Paper No. 5398. Cambridge: NBER. Recuperado de: <http://www.nber.org/papers/w5398>.
34. Samuelson, P. (1962). The Gains from International Trade Once Again. *The Economic Journal*, 72(288), 820-829.