

Análisis de impacto de la agenda de competitividad sobre el PIB y el empleo: una mirada desde la matriz insumo producto^a

Jaime Flórez Bolaños^b
Universidad Autónoma de Occidente

Recibido: 29/04/ 2012 Aceptado: 30/05/2012

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto estimar los impactos en el PIB y el empleo ante cambios en la inversión, exportaciones y gasto del gobierno utilizando como herramienta de análisis la Matriz Insumo Producto. Se realizaron dos experimentos de simulación de cambios en la demanda final los cuales tienen como enfoque el desarrollo desequilibrado de Hirschman (1958) y Currie (1979); este consiste en asignar la inversión en sectores específicos de la economía y observar el cambio, teniendo como línea normativa la agenda de competitividad del gobierno para las regiones; caso específico Valle del Cauca y las estimaciones arrojadas de los encadenamientos de Rasmussen. Entre los principales hallazgos se destaca que la agenda de competitividad está enfocada en sectores de fuerte arrastre, lo que es compatible con las metas planteadas por el gobierno a 2032. Así mismo, se reconoce la importancia del comercio interregional como elemento potencializador del PIB y el empleo. Se resalta

^a El presente artículo hace parte de la tesis de grado para optar al título de Magister en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana.

^b Docente Investigador del Departamento de Economía de la Universidad Autónoma de Occidente, Magister en Economía de la Pontificia Universidad Javeriana, miembro del Grupo de Investigación en Desarrollo Regional, GIDR de la misma universidad. Email: jflorez@uao.edu.co

la importancia de contar con un indicador fiable del impacto en el empleo sectorial regional estimado por entropía cruzada.

Palabras Claves: Economía regional, análisis de impacto, simulación, modelo insumo producto, entropía econométrica.

Abstract

This paper has like aim estimate the impacts on sectorial gdp and employment to changing the investment, the exports and spending government using analysis tool of the table input-output. Two experiments of simulation were performed, having like focus the unbalance development of Hirschman (1958) and Currie (1979). This focus, allocate the investment in specific sectors of the economy and then watch the change. The reference normative line is the competitiveness agenda of the government for the regions, specifically Valle del Cauca and the estimations bring for the Rasmussen Linkage. Between the results more important is that competitiveness agenda is a strategy centered in sector push stronger. This vision is compatible with the government target to 2032. Likewise, the importance of the interregional trade rise like maximize element of the GDP and Employment. Highlight the importance of the indicator robust for the impact over the regional sectorial employment estimated through the cross-entropy.

Keywords: regional economics, impact analysis, simulation, input-output model, entropy econometric.

JEL: C67, E27, O18, O21

1. Introducción

El crecimiento y desarrollo económico regional es un proceso que se ha vuelto cada más complejo debido a que el papel de las regiones es ampliamente reconocido como dinamizador de la economía nacional, además del hecho recurrente de asignar, de la mejor forma posible, los recursos destinados a inversión, promoción del comercio internacional y gasto público, Peña (2006). Con esto presente, las apuestas productivas que tiene el gobierno nacional, (transformación produc-

tiva, Colombia digital, agenda de competitividad, entre otros), se configuran como una oportunidad para la elaboración de ejercicios de evaluación de impacto a nivel agregado y sectorial para cada ente regional, Mendoza *et al.* (2009).

Para realización de estos ejercicios, se han utilizado frecuentemente las Matrices Insumo Producto (en adelante MIP) como un instrumento de análisis para conocer las interrelaciones básicas del sistema productivo de una economía, ya que ofrecen una visión cuantitativa de la interdependencia que existe

entre las diversas partes de un sistema económico. El método de análisis Insumo Producto se basa en un principio que no es nuevo: interdependencia general entre todas las fuerzas que operan en el ámbito de un sistema económico nacional o regional; principio que es desde hace dos siglos, la base de todos los intentos que se han hecho para explicar el circuito de la formación y distribución de la riqueza, Banguero *et al.* (2009).

Así, el presente trabajo tiene por objeto cuantificar el impacto sobre el PIB y el empleo a través de una Matriz Insumo Producto estimada para el Valle del Cauca a precios de 1994, se hizo producto a producto (simétrica) desde los cambios en la inversión, las exportaciones y el gasto del gobierno regional (vector de demanda final), con el fin de identificar qué sectores son más sensibles a dos grandes escenarios de simulación: agenda del gobierno para las regiones, caso específico Valle del Cauca y encadenamientos de Rasmussen. El presente estudio cobra importancia ya que, hasta el momento, para el Valle del Cauca solo existe el trabajo de Banguero *et al.* (2009) sobre impacto macroeconómico con base en insumo producto.

Adicionalmente, este análisis se configura como el primer intento regional de calcular los efectos sobre el Valle del Cauca de los planes de desarrollo que tiene el gobierno, así como la utilización de métodos de entropía econométrica para obtener un vector de empleo que brinde un indicador robusto de

impacto laboral¹. La teoría subyacente del estudio son los planteamientos económicos de inversiones específicas de Hirschman (1958) y Currie (1979) [desarrollo desequilibrado].

El artículo se compone, en primer de lugar, de esta corta introducción; en la segunda sección se realiza un análisis comparativo entre la estructura del PIB del Valle del Cauca desde la matriz utilizada para los experimentos versus la información proveniente del DANE para efectos de observar diferencias y similitudes en la estructura económica; posteriormente se presenta un breve estado del arte; seguido por el marco teórico del Modelo Insumo Producto (en adelante MIP); luego se explica la metodología empleada; en el sexto apartado se describen los resultados; acto seguido se muestran algunas limitaciones del insumo producto y, finalmente, se presentan las conclusiones.

2. Descripción general del Valle del Cauca

El presente análisis descriptivo se configura con dos fines, el primero es brindar un panorama general de la estructura económica del Valle del Cauca y el segundo es como forma de validación del instrumento utilizado para la evaluación de impacto ya que dicho instrumento se estimó para 1994². Para esto se utilizaron tres insumos: el primero fue el eje

1 El vector empleo tuvo que estimarse, ya que no se encontró información disponible a nivel de los sectores que se estaban trabajando. El anexo 2 muestra los aspectos metodológicos específicos que se llevaron a cabo para esto. La base de distribución del vector de empleo está dada por la remuneración de los asalariados.

2 En la parte metodológica se precisa más esta parte.

económico del plan de desarrollo de la región 2010-2014 puesto que este documento tiene una desagregación sectorial un poco más pertinente y asociada a la estructura productiva del Valle que tiene los sectores que se eligieron; se tomó como base de todos los cálculos sobre el Valor Agregado de la Producción. El segundo elemento fue el Anuario Estadístico

del Valle 2005, se agruparon las ramas de la actividad por grandes sectores económicos: Primario, Secundario y Terciario, y se pasó a estructurar las respectivas participaciones como porcentaje del PIB. Por último, se utilizaron los datos Informe de Coyuntura Económica Regional del Valle del Cauca (ICER), informe desarrollado por el DANE en el 2009.

Cuadro 1. Matriz Insumo Producto vs. Plan de Desarrollo 2010-2014, Componente Económico.

VARIABLE	UBICACIÓN	DOCUMENTO	MIP VALLE	OBSERVACIONES
Tasa media del crecimiento del PIB - Últimos 20 años	Página 5	3,40%	-	Sin comentarios
Participación Exportaciones al RM	Página 4	< 10%	6,81%	Se mantiene la tendencia por debajo del 10%
Participación del Sector agroindustrial en la Economía total del Valle del Cauca	Página 4	21%	24,7%	Sin comentarios
Peso del Azúcar en el PIB agroindustrial	Página 4	19%	14,30%	Hacia la década de los 90's este sector representaba casi el 30% de la PIB agroindustrial debido a la alta concentración y poca diversificación que tenía el Valle del Cauca en ese momento.
Peso de la cadena del Azúcar en el PIB Total		6%	5,39%	Para 1994 el mercado externo de este producto estaba saturado, con una demanda mundial estancada y con tendencia al descenso situación que se prolongó hasta el año 2000.
Peso de las exportaciones del sector agroindustrial en el total de exportaciones del Valle del Cauca.	Página 4	67%	66,70%	Sin comentarios
Importaciones provenientes del resto del mundo sobre el PIB Total.	Página 5	14%	13,2	Sin comentarios
Exportaciones totales sobre el PIB total.	Página 5	9%	8,11%	Sin comentarios

Fuente: elaboración propia.

La primera característica del cuadro 1 es la temporalidad que maneja. Estos datos son del año 2005, casi 10 años después del cálculo de la Matriz que se utiliza para desarrollar los ejercicios de evaluación de impacto. Se puede observar que las exportaciones totales al resto del mundo se han mantenido por debajo del 10%; el peso de las exportaciones agroindustriales en el total de las exportaciones del Valle del Cauca está alrededor del 67% con unas importaciones cercanas al 14%, mientras que las exportaciones como porcentaje del PIB (valor agregado) se mantienen alrededor de un 9%.

Un componente importante que siempre es objeto de análisis no solo por su dinamismo sino por la contribución al empleo, es el

sector agroindustrial de la región; desde los datos que se manejan, dicho sector mantiene una participación por encima del 20% debido -en gran parte- a la caña de azúcar. Al ser la caña de azúcar uno de los principales eslabones del crecimiento económico y un cultivo estratégico en materia de crecimiento, como sector tiene un peso por encima del 13% en la agroindustria, mientras que en el total su peso relativo está alrededor del 6%.

El segundo elemento de análisis, son las cifras del Anuario Estadístico del Valle. Como se puede observar el sector primario, sector comprendido principalmente por *commodities*, tiene un peso del 8.8% mientras que la industria y servicios tienen un valor del 24.3% y 66.9%, respectivamente.

Cuadro 2. Matriz Insumo Producto vs. Anuario Estadístico del Valle.

SECTORES	ANUARIOS EST VALLE	MIP VALLE
Sector Primario	8,77%	9,20%
Sector Secundario	24,34%	38,90%
Sector Terciario	66,89%	51,91%

Fuente: elaboración propia.

Los datos extraídos desde la MIP son relativamente similares en términos de evidenciar la recomposición sectorial que ha tenido el Valle del Cauca en los últimos 40 años hacia el sector servicios, siendo este último el de mayor peso en la estructura productiva.

Por último, un referente más reciente es el ICER de la economía del Valle del Cauca para el año 2009. Allí se puede ver como las exportaciones del sector industrial participan con más del 95% del total exportado a otros países, mientras que los sectores de minería y pesca pesan menos del 1%.

Cuadro 3. Matriz IO vs. ICER (2009)

VARIABLES	ICER (1)	MIP
EXPORTACIONES NO TRADICIONALES (2)		
Sector agropecuario, caza y silvicultura	0,7%	1,81%
Pesca	0,0%	0,21%
Sector minero	0,1%	0,00%
Sector industrial	99,2%	98,0%
Sector servicios	0,0%	0,00%
IMPORTACIONES TOTALES (3)		
Sector agropecuario, caza y silvicultura	9,8%	10,40%
Pesca	0,0%	0,00%
Sector minero	0,3%	0,20%
Sector industrial	89,9%	87,0%
Sector servicios	0,0%	2,40%
GASTO PÚBLICO		
Gasto público(1)	2,17% (4)	5,03% (5)

Nota:

(1) ICER Valle del Cauca, 2009, página 34, Cuadro 2.5.1.2.

(2) Son las exportaciones al resto del mundo.

(3) Son las importaciones al resto del mundo.

(4): Se tomaron los gastos y los gastos de capital y se dividieron entre el VAB del 2009 a precios corrientes.

(5): Se dividió el consumo del gobierno entre el VA.

Fuente: cálculos propios.

Las importaciones, al igual que las exportaciones, tienen mayor representatividad si son del sector industrial (90%); otras importaciones que vale la pena destacar son las de bienes agrícolas, las cuales llegan al 10% del total de compras al exterior.

El gasto público tiene como peso relativo con respecto al PIB valores por debajo de 7%; a pesar de ser un componente que dinamiza la economía, desde las diferentes corrientes económicas se puede ver que su peso con respecto al PIB es bastante reducido.

De lo anterior se puede decir dos cosas. La primera es que hubiese sido ideal desarrollar el presente análisis comparativo con cifras más recientes, no obstante el grado de desagregación que se maneja al interior de la matriz es muy selectivo por lo cual, contar con la información para comparar no es una tarea sencilla. Lo segundo, es una evidencia descriptiva sobre la malla productiva del Valle del Cauca. En efecto, la estructura del Valle pareciera ser muy estática; la evidencia descriptiva así lo muestra y esto termina

de validarse desde las apuestas que la región hace sobre sectores muy tradicionales. De allí el hecho que el Valle siempre tenga un componente representativo en materia de agroindustria, químicos, papel y farmacéuticos.

Esto no deja de ser importante, sin embargo siempre es bueno explorar otras posibilidades productivas desde el marco de la globalización de los mercados así como en el dinamismo interno del país. Solo hasta ahora con el tema de las agendas productivas se viene a pensar en esa posibilidad.

Se debe tener en cuenta que, a pesar de que existen algunos indicadores que no han cambiado, un análisis más específico por industria podría arrojar resultados diferentes a la estructura con la cual se trabaja, así como en los resultados de los ejercicios; no obstante, el presente análisis tiene en cuenta dos factores importantes a la hora de estimar los resultados: el primero está asociado a que los impulsos económicos se dan sobre sectores muy tradicionales; y el segundo se relaciona con la administración Uribe en la que se desarrolla una visión prospectiva del crecimiento económico a partir de la competitividad de las regiones y teniendo como brújula de navegación, visión Colombia 2019 y la transformación productiva 2032.

3. Estado del arte

Son muy escasas las investigaciones en el país, que teniendo como herramienta la MIP, hayan realizado evaluaciones de impacto. En esta línea se encuentran los trabajos de Perdomo (2004), Bonet (2000, 2005), Hernández

(2005) y un solo caso para el Valle del Cauca, Banguero *et al.* (2009).

El trabajo realizado por Hernández (2011) para Colombia, consiste fundamentalmente en un proceso de actualización de los multiplicadores o encadenamientos productivos utilizando las nuevas cuentas nacionales de 2007 y tomando como año base el 2000; se enfatiza en el cuidado que se debe tener en la construcción de los Modelos Insumo Producto (MIP), sobre todo cuando exista producción secundaria en los sectores, ya que esto puede conllevar a que los coeficientes insumo-producto sean negativos. Plantea que una de las formas de sortear este inconveniente es construir los coeficientes de manera que se utilice la información consignada en las cuentas nacionales. Para la realización de este ejercicio, se siguió una metodología de estimación indirecta basada en la estructura de costos para obtener los coeficientes del matriz insumo-producto, posteriormente se valoraron los encadenamientos de Chenery y Watanabe así como los encadenamientos de Rasmussen.

Perdomo (2004) desarrolla un MIP Dinámico para la economía colombiana con el objetivo de elaborar proyecciones y simulaciones de la actividad económica del país a partir de diversos escenarios incorporando un componente exógeno y dinámico desde la econometría para brindar mayor solidez a los resultados. Los hallazgos más importantes de este estudio, están en brindar un contexto dinámico al MIP, la simulación de choques externos y la posibilidad de vislumbrar de manera más desagregada los impactos sectoriales dado un componente exógeno de corte econométrico.

En los trabajos regionales en materia de análisis de impacto, se destaca Bonet (2000) el cual presenta la matriz insumo producto regional para el Caribe colombiano. Al realizar las estimaciones de los multiplicadores parciales y totales de la producción, el empleo y el ingreso de la región permiten concluir que los mayores efectos multiplicadores en producción se encuentran en el sector agropecuario, que los más importantes efectos multiplicadores de empleo se generan en la industria manufacturera y que los efectos multiplicadores de ingresos mayores se dan en los sectores de servicios. Adicionalmente, se evidenció débiles interrelaciones entre la industria manufacturera con el aparato productivo regional.

El mismo Bonet (2005), explora el impacto de los cambios estructurales regionales en la polarización del ingreso regional. Los resultados sugieren que los sectores claves se han trasladado de los primarios y secundarios a los terciarios, un movimiento frecuentemente observado en el proceso de desarrollo económico. Sin embargo, se puede argumentar que las economías regionales no tienen las mismas estructuras de eslabonamientos. Las diferencias son el resultado de las discrepancias en los sectores dominantes en cada subregión. Las integraciones entre regiones revelan un país con sectores auto-suficientes en la mayoría de las regiones, lo que apoya los resultados encontrados en los estudios previos en el sentido de una baja dependencia inter-regional. Debido a que los sectores con los más fuertes eslabonamientos se encuentran concentrados en las regiones prósperas, existe una alta probabilidad de que las desigualdades regionales existentes permanezcan en el mediano plazo.

En el trabajo de Hernández (2005) se desarrolla un ejercicio de simulación desde movimientos en la demanda final bajo los tres diferentes enfoques del PIB (gasto, producción e ingresos), esto con el fin de mostrar la importancia que tiene para el análisis económico el desarrollo un Modelo Insumo-Producto (MIP) que ayude, además de la proyección de posibles tendencias, en la caracterización de la economía venezolana; así mismo sirve como herramienta de interpretación estadística y económica. Este ejercicio arroja como resultado que los cambios en tendencia del PIB sectorial pueden ser anticipados con un enfoque de insumo producto; lo anterior abre la posibilidad de revisar cuáles son las actividades dentro de cada sector, que anticipan o no la dirección del cambio en la producción sectorial.

Finalmente, Banguero *et al.* (2009) realiza un ejercicio de análisis de impacto orientado a hacer cambios en los componentes de la demanda final, y en los costos de los insumos primarios y de las importaciones para el Valle del Cauca. Los resultados desde la demanda sugieren que el componente que genera mayor impacto en la producción, medida a través del Valor Bruto de la Producción y el Producto Interno Bruto regional, es el consumo de los hogares de Servicios de mercado con el 1.14% y 1.5% respectivamente.

4. Marco teórico

Las tablas insumo producto se pueden definir como un conjunto integrado de matrices que muestran el equilibrio de oferta y utilización

de bienes y servicios (productos). Estas matrices proporcionan un análisis detallado del

proceso de producción y de la utilización de bienes y servicios.

Cuadro 4. Modelo Insumo Producto General

Matriz de Oferta Total	Matriz de Demanda Intermedia	Matriz de Demanda Final
	Matriz de Valor Agregado	

Fuente: tomado de Schuschny (2005).

La **matriz de oferta total** muestra la disponibilidad de bienes y servicios, tanto de origen doméstico como importado que serán utilizados en la demanda intermedia y la final; la **matriz de demanda intermedia** registra los flujos de circulación intersectorial de productos entre las distintas actividades, mostrando la utilización intermedia de los bienes y servicios en el sistema productivo; la **matriz de demanda final**, registra las transacciones referentes a la utilización final de los productos, es decir, su consumo por parte de los hogares, del sector público, variación de existencias y las exportaciones; por último, la **matriz de valor agregado** describe las formas de pago a los factores productivos por su participación en el proceso de transformación. En sus columnas se muestra el aporte de cada actividad económica al valor agregado.

El modelo insumo- producto parte de algunos supuestos:

1. Supone que cada insumo es suministrado por un solo sector de producción (*hipótesis de homogeneidad sectorial*). Esto implica que se emplea un solo método de producción, por lo tanto, no es posible la sustitución entre insumos intermedios, a la vez que cada sector tiene una sola producción primaria; es decir que no hay producción conjunta.

2. Con el objetivo de homogeneizar la medición de los agregados, se introduce la *hipótesis de invarianza de precios relativos*.
3. Los insumos comprados por cada sector son solamente una función del nivel de producción de ese sector, por lo tanto, la cantidad de insumos varía en la misma proporción que la producción, es decir que se asume una *hipótesis de proporcionalidad estricta*: la composición de los productos dentro de cada sector es fija. Esto significa que la función de producción que el modelo de Leontieff considera es lineal y, por lo tanto, los coeficientes técnicos se supondrán constantes durante el período de análisis, dado que se supone que el nivel de producción que el sector i -ésimo vende al j -ésimo, es una *proporción constante* del nivel de producción del sector.
4. Se supone que el efecto total de la producción en varios sectores, será igual a la sumatoria de los diferentes efectos (hipótesis de aditividad); con esto se excluye toda interdependencia externa de los sectores, excepto la especificada en el propio modelo.
5. Cuando se utiliza el modelo para realizar proyecciones de precios, debe tenerse en cuenta que se mantiene la relación de precios relativos presente en el año en que se elabora la matriz.

En el MIP cada sector aparece dos veces: como vendedor de sus productos a otros sectores y a los consumidores de cada sector (filas), y como comprador de los insumos de otras industrias y de las economías domésticas (columna). Los insumos comprados de otros sectores se llaman insumos producidos, los demás insumos se llaman primarios (no producidos); estos corresponden a los pagos por servicios de los factores de producción tales como Tierra, Capital y Trabajo que forman el valor agregado.

Por razones técnicas o contables, los insumos primarios contienen importaciones e impuestos indirectos. Así, cada fila representa el papel de cada sector como vendedor de bienes y servicios a oferentes intermedios y finales. Mientras que cada columna representa las compras del sector de insumos producidos e insumos primarios.

El sistema de contabilidad interindustrial tiene cuatro cuadrantes: **el cuadrante I** contiene el Consumo final (C), el Gasto del Gobierno (G), la inversión (I) y las exportaciones (X); en algunos las exportaciones vienen de forma neta (exportaciones menos importaciones). Si la columna de inversión representa la Formación Bruta de Capital, entonces una de las filas del cuadrante 3 debe especificar el desgaste por concepto de depreciación. Por ejemplo, C_2 representa el consumo final, por parte de las familias, de los bienes producidos por el sector 2. X_1 son las exportaciones del sector 1; I_n son las inversiones realizadas en el sector n , etc.

Si el número de tipos de consumo final es k , entonces el orden de la matriz del cuadrante 1 es de orden $n \times k$ (ver figura 1).

La matriz de orden $n \times n$ del **cuadrante II** es la parte más importante del MIP. Cada casilla X_{ij} indica la cantidad de producto i comprada por el sector j ; la suma de cada fila $i \sum_{j=1}^n X_{ij}$ representa la parte de la producción del sector i destinada al consumo intermedio de otros sectores, incluyendo el mismo sector i . La suma de cada columna $j \sum_{i=1}^n X_{ij}$ representa los insumos producidos por todos los sectores incluyendo el mismo sector j . **El cuadrante III** contiene el empleo de los insumos primarios que no son producidos al interior del sistema. Además de las importaciones, incluye los pagos de los insumos tales como salarios, beneficios y rentas. Por razones técnicas se incluyen los impuestos netos de subsidios, ya que no hacen parte desde la teoría económica. En este cuadrante es donde se encuentra el PIB⁴ medido por el lado del valor agregado bruto, el cual es equivalente a la producción nacional neta de importaciones.

El cuadrante IV contiene el insumo directo de factores primarios de consumo final. El componente más importante de este cuadrante lo constituye la remuneración a los asalariados por parte del gobierno. En una Matriz Insumo producto la suma de cada fila debe ser igual a la suma de la columna correspondiente. Esto significa que el valor total del producto de cada sector productivo es igual a su gasto total en insumos. Esta es una identidad contable asegurada por el método de cálculo del valor agregado de cada sector. El valor agregado se obtiene restando del valor

3 La sumatoria de todos los elementos del cuadrante II carece de sentido económico.

4 De aquí se mide el impacto sobre el PIB.

bruto de producción sectorial, los respectivos gastos de insumo producidos nacionales e importados; cada fila matriz insumo-producto indica el equilibrio entre la demanda y la oferta del producto en cuestión⁵.

En la fila i :

$$X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + Y_i = X_i \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i = X_i \text{ Para } i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

El lado izquierdo de la ecuación corresponde a la demanda intermedia, que es la sumatoria de lo que todos los sectores productivos quieren comprar del sector 1, para satisfacer las necesidades de producción $\sum_{j=1}^n X_{ij}$ y de la demanda final Y_i . Cada columna del MIP indica que el valor del producto de cada sector es igual a la suma de sus gastos en los insumos producidos e insumos primarios.

En la columna j :

$$X_{1j} + X_{2j} + \dots + X_{nj} + M_j + VA_j = X_j \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} + M_j + VA_j = X_j$$

Para $j=1, 2, \dots, n$

Donde:

$\sum_{j=1}^n X_{ij}$: Son los insumos producidos nacionales,

M_j : Son los insumos producidos importados,

VA_j : Son los insumos primarios.

Al sumar todas las filas y las columnas de (1) y (2) se obtiene:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n Y_j = \sum_{j=1}^n X_j \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n M_j + \sum_{j=1}^n VA_j = \sum_{j=1}^n X_j \quad (5)$$

Esto significa que el valor de la producción de todos los sectores es igual, independientemente que se calcule como suma de fila o suma de columnas.

$$\sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{i=1}^n X_i \quad (6)$$

De lo anterior se deriva que los lados izquierdos de las ecuaciones (3) y (4) tienen que ser iguales:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n Y_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij} + \sum_{j=1}^n M_j + \sum_{j=1}^n VA_j \quad (7)$$

$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n X_{ij}$ es la suma de todos los elementos del cuadrante II de la matriz de insumo producto y es igual independientemente si se suman primero o se suman después, por lo que el producto nacional es igual al ingreso nacional, es decir:

$$\sum_{i=1}^n Y_j - \sum_{j=1}^n M_j = \sum_{j=1}^n VA_j \quad (8)$$

De esta forma, se obtiene la identidad básica de las cuentas nacionales que dice que el producto nacional tiene que ser igual al ingreso nacional. Puntualmente, el producto nacional es igual al consumo nacional de todos los sectores menos las importaciones, mientras que el ingreso nacional es la suma del valor agregado de toda la economía.

⁵ Ver anexo 3.

Otra de las cosas importantes en el MIP es el análisis cuantitativo de la estructura de costos unitarios de todos los sectores productivos dada desde la *matriz de coeficientes técnicos*⁶. Dicha matriz se obtiene dividiendo todos los elementos de los cuadrantes I y III entre los totales de las columnas correspondientes. La interpretación de cada uno de estos elementos viene siendo: por cada peso de valor del producto del sector 2, dicho sector compra a_{12} centavos de insumos del sector 1. Los coeficientes técnicos se obtienen así:

$$a_{11} = \frac{X_{11}}{X_1}, a_{12} = \frac{X_{12}}{X_2} \quad (9)$$

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}, \text{ para } j=1,2,\dots,n \quad (9.1)$$

$$m_1 = \frac{M_1}{X_1}, w_2 = \frac{W_2}{X_2},$$

O en general:

$$f_{hj} = \frac{F_{hj}}{X_j}, \text{ Para } h=1,2,3,4 \quad (10)$$

La matriz de $[a_{ij}]$ se va a llamar la matriz $A(n \times n)$

La matriz de $[f_{hj}]$ se va a llamar la matriz $f(m \times n)$, $h = n + 1$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} m_1 & m_2 & \cdots & m_n \\ w_1 & w_2 & \cdots & w_n \\ k_1 & k_2 & \cdots & k_n \\ t_1 & t_2 & \cdots & t_n \end{bmatrix}$$

Las condiciones de equilibrio de la ecuación (1) pueden escribirse de la siguiente forma:

$$X_{i1} + X_{i2} + \cdots + X_{in} + Y_i = X_i \quad \text{Para } j=1, 2, \dots, n$$

Para un modelo aplicado a tres sectores se tendría:

$$a_{11}X_1 + a_{22}X_2 + a_{13}X_3 + Y_1 = X_1 \quad (11)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + Y_2 = X_2$$

$$a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + Y_3 = X_3$$

Despejando Y se tiene:

$$(1 - a_{11})X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 = Y_1 \quad (12)$$

$$-a_{21}X_1 + (1 - a_{22})X_2 + a_{23}X_3 = Y_2$$

$$-a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + (1 - a_{33})X_3 = Y_3$$

En forma matricial, los sistemas (8) y (9) quedan como siguen:

$$AX + Y = X \quad (13)$$

$$(I - A)X = Y \quad (14)$$

6 Cada coeficiente técnico es constante por la hipótesis de proporcionalidad estricta, lo cual quiere decir que la función de producción es tal que la productividad marginal de cada factor es constante e igual a su productividad media. Con ello, la función de producción tiene rendimientos constantes a escala. Ver anexo 4.

donde:

$A = a_{11} \dots a_{1n} \dots a_{n1} \dots a_{nn}$ la matriz de orden $(n \times n)$ de coeficientes técnicos

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$$

es el vector columna $(n \times 1)$ de valores brutos de producción,

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}$$

es el vector columna $(n \times 1)$ de demanda final,

$$\mathbf{I} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

es una matriz identidad de orden $(n \times n)$,

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A}) = \begin{bmatrix} (1 - a_{11}) & -a_{12} & \dots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1 - a_{22}) & \dots & -a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \dots & (1 - a_{nn}) \end{bmatrix}$$

La matriz de Leontieff

La suma de cada fila i de la matriz de Leontieff $[-a_{i1} - a_{i2} + (1 - a_{ii}) + \dots - a_{in}]$ indica cuántos centavos del producto i quedan para la demanda final después de haber satisfecho las demandas intermedias de todos los secto-

res. La suma de cada columna j de la matriz de Leontieff indica cuantos centavos de cada peso del producto j no son atribuibles a los insumos comprados.

En algunos casos resulta conveniente normalizar las columnas de la matriz de Leontieff de tal forma que los elementos de la diagonal principal contengan solo unos. Para esto se debe dividir cada columna por elemento $(1 - a_{jj})$. Este tipo de vectores se utiliza en el análisis de actividades que estudiaremos más adelante.

La ecuación 14 puede ser resuelta utilizando algebra matricial o cualquier otro método de solución de ecuaciones simultáneas. Se premultiplica el sistema por la *inversa de Leontieff*; para esto se debe garantizar que $(I - A)$ sea regular, es decir de rango n , como siempre es el caso:

$$(I - A)^{-1}Y = X \quad (15)$$

La ecuación (15) se llama la solución general del modelo de insumo producto y permite calcular los niveles de producción de todos los sectores de la economía compatibles con los niveles de datos de la demanda final.

5. Metodología

Este trabajo tiene por objeto estimar el impacto de los cambios en inversión, exportaciones (resto del mundo y resto país) y gasto público sobre el PIB y el empleo⁷ en el Valle del Cauca a nivel sectorial; utilizando un MIP estimado para la región a precios constantes del año 1994⁸, los cambios se estiman con base en la

agenda de competitividad de las regiones y los coeficientes de Rasmussen⁹.

Los impulsos que se manejaron sobre cada componente fueron del 13%, 17%, 20% y 50% para exportaciones al resto del mundo, exportaciones al resto del país, inversión y consumo del gobierno respectivamente (Shock 1). Teniendo en cuenta la meta de alcanzar tasas por encima del 8% términos del PIB, se reestructuraron los esfuerzos de la agenda de competitividad por cada componente de la demanda final, lo cual llevó a incrementos del 40% para las exportaciones al resto del mundo; 20% para las exportaciones al resto del país; y 20% para la inversión y un 50% gasto del gobierno (Shock 2). Los sectores económicos que se manejaron fueron Café Pergamino, Otros Productos Agrícolas, Pecuario, Pesca, Silvicultura y Minería, Electricidad, Productos Agrícolas Elaborados, Azúcar, Café, Textiles y Confecciones, Papel, Químicos, Otros Productos Manufacturados, Maquinaria y Equipos, Construcción, Comercio, Transporte, Telecomunicaciones y Correo, Vivienda, Financiero y Otros Servicios¹⁰.

Para determinar el impacto sobre empleo en un modelo insumo producto, se deben determinar los requerimientos de factores

7 Para obtener una medición adecuada del impacto sobre el empleo sectorial, se estimó dicho vector a través de métodos de entropía econométrica. En el anexo 3 se detallan los aspectos metodológicos.

8 Matriz Producto a producto.

9 La Matriz Insumo Producto simétrica para la región (Departamento) del Valle del Cauca, año base 1994 se calcula utilizando un enfoque indirecto y basados en el método de ajuste bi-proporcional RAS, ajustado al espacio; es una matriz de tipo producto-producto, según la metodología de cuentas nacionales SCN93; a valores básicos; desagregada a 20 grupos de productos, que resultan de homologar la clasificación CIU Rev. 3 ajustada para Colombia y la matriz insumo producto nacional de 42x42 con la clasificación de las cuentas departamentales del DANE.

10 Estos impulsos se distribuyeron con base en el peso relativo que tiene cada sector por cada componente de demanda final.

primarios por industrias y unidad de demanda final. Para esto se necesitan cantidades de trabajo en las cuales existe perfecta elasticidad precio de la oferta de insumos primarios (su-puesto).

Sea F_1 un vector fila que representa el uso total del trabajo, con cada f_i como las cantidades de trabajo requeridas por los sectores se calculan los coeficientes primarios de mano de obra:

$$f_i = \frac{F_i}{X_i} \quad (16)$$

Con $i=1, 2, 3, \dots, 20$

Donde:

f_i : Es el vector fila del número de ocupados del sector i ,

X_i : es el valor bruto de la producción del sector i .

Se procede a diagonalizar la matriz f_i y multiplicar por la inversa de Leontief $(I - A)^{-1}$ con el fin de obtener los multiplicadores de empleo directos (diagonal de la matriz) e indirectos. A manera de interpretación, se puede decir que el sector 1 (café pergamino) genera 0.012 unidades de empleo directo por unidad de demanda final. En cuanto al efecto indirecto de generación de empleo se tiene que para los demás sectores, ante un cambio en una unidad de demanda final, el efecto indirecto es la generación 0.010 unidades de empleo¹¹.

El producto entre los multiplicadores de empleo y el vector de demanda final da como

resultado el impacto total sectorizado en el empleo. Es importante destacar que el vector de empleo para el Valle del Cauca se calculó a partir de métodos de entropía econométrica¹².

Los métodos de entropía cruzada y máxima entropía surgen como respuesta a una necesidad de ausencia de información. Esta técnica permite optimizar el uso de información no muestral o a priori de una forma muy flexible y eficiente en términos de costos y consistencia con toda la información que proporcionan las cuentas nacionales o regionales sobre las variables macroeconómicas conocidas.

Estos métodos admiten la posibilidad de que puedan existir errores de medición en las variables y permiten incorporar cambios tecnológicos aproximadamente conocidos. Para el presente caso, esta medida surge como alternativa a la escasez de información asociada al número de empleados de ese año con la respectiva desagregación de la matriz que se está trabajando.

6. Resultados: impacto de la agenda de competitividad¹³

La agenda de competitividad es una de las estrategias de política económica que tiene el gobierno nacional para efectos de impulsar, como su nombre lo dice, la competitividad de las regiones. Cada región cuenta con esta

11 Las estimaciones no se reportan.

12 Ver anexo 2.

13 Se debe recordar que la única meta que se tiene es la del 8% de crecimiento del PIB. La agenda en sentido estricto es un instrumento más reciente alineado a la transformación productiva, por lo cual no se establecen metas; el programa está diseñado de tal forma que impulse la competitividad de la región.

brújula de navegación en la cual se establecen unos lineamientos acerca de qué sectores se deben impulsar para alcanzar unas metas determinadas. Esta estrategia se encuentra alineada con otra denominada transformación productiva, la cual tiene como meta alcanzar tasas de crecimiento del 8% y convertir a Colombia en un país de ingresos medios al 2032. En vista de la importancia que tiene este plan de gobierno para los próximos años, resulta pertinente saber cuál es su impacto en materia de empleo y crecimiento del PIB.

Los sectores que van a impulsarse desde la agenda de competitividad se muestran en el cuadro 5 y al mismo tiempo se presenta una homologación asociada a los sectores del MIP. Se puede observar un total de 23 sectores que en su mayoría están asociados a las cadenas productivas previamente establecidas. Se debe aclarar que en estos escenarios, los incrementos se realizaron de forma continua, es decir, se levanta el supuesto del *ceteris paribus*¹⁴.

Cuadro 5. Correspondencia entre sectores de la Agenda de competitividad y la MIP

SECTOR	AGENDA DE COMPETITIVIDAD	SECTORES	CORRESPONDENCIA
1	Cadena de la caña de azúcar – azúcar crudo, azúcar blanco, azúcar refinado, azúcar orgánico, azúcar dietético y jugos en polvo.	Café Pergamino	
2	Cadena de la caña de azúcar – confitería y chocolatería.	Otros productos agrícolas	11 10 7
3	Cadena de la caña de azúcar – sucroquímica: desarrollar biopolímeros e incrementar la producción y exportación de ácido cítrico y sus derivados (citrato de sodio y de calcio, zinc).	Pecuario	
4	Biocombustibles- alcohol carburante a partir de la caña de azúcar y generación de bioenergía a partir de biomásas.	Pesca, Silvicultura y Minería	12
5	Plantaciones forestales productivas para abastecer las industrias de la madera y de papel y cartón.	Electricidad, Gas y agua	
6	Cadena productiva de la guadua. Productos artesanales e industriales de este material.	Productos Agrícolas Elaborados	
7	Plantas medicinales y aromáticas.	Azúcar	1 2 3 4
8	Comercialización en “mercados verdes” de productos ecológicos: alimentos frescos y procesados, frutas y verduras, flores exóticas y follajes tropicales.	Café	9
9	Cafés especiales.	Textiles y Confecciones	16
10	Frutales: maracuyá, mora, naranja Salustiano, mandarina clementina, papaya, pitahaya, guayaba, aguacate, lima ácida Tahití, guanábana, borrojó, chontaduro, tomate de árbol y lulo.	Papel	5 14
11	Hortalizas: ají, pimentón, tomate y zapallo.	Químicos	22 23
12	Pesca y acuicultura en el Pacífico vallecaucano: atún, pesca blanca y camarón títí.	Otros Productos Manufacturados	6 13 15
13	Cadena de cárnicos*.	Maquinaria y Equipos	
14	Cadena de la pulpa, papel, cartón, editoriales y artes gráficas.	Construcción	
15	Clúster de cuero alrededor de Cali y sus zonas aledañas.	Comercio	8
16	Confecciones especializadas: tejidos de punto (ropa deportiva), trajes formales con diseños especiales (bordados, estampados, adornos, pedrería, etcétera).	Transporte	
17	Servicios logística para importación y exportación de mercancías.	Telecomunicaciones y Correo	
18	Programas informáticos de calidad internacional.	Vivienda	
19	Productos turísticos especializados.	Financiero	
20	Servicios de salud, tecnologías del conocimiento y productos de soporte	Otros Servicios	17 18 19 20 21 22
21	Estética y belleza: servicios de cirugía plástica y estética, tratamientos de belleza, micro injertos capilares y tratamientos para la piel.		
22	Industria farmacéutica: medicamentos y otros productos complementarios.		
23	Industria nutracéutica: bienes y servicios destinados a la nutrición, la salud y el cuidado personal con base en productos naturales.		

Fuente: elaboración propia.

14 Esto tiene sentido ya que los planes de los gobiernos nunca son sectorizados por componentes de la demanda; estos planes se configuran y ejecutan de forma integral.

Para tener una idea preliminar de los impactos desde cada medida en cada uno de los componentes de la demanda final sectorial, se sumaron los sectores correspondientes a la agenda del Valle y se miraron las participaciones de cada propuesta en el total de cada componente. Así, en la agenda del Valle las exportaciones al resto del mundo pesan un 76.5%, al resto del país son del 68% y la inversión es del 29%; por lo tanto se puede decir que la agenda de competitividad es una estrategia orientada a la demanda externa.

Para la descripción de los efectos sectoriales de cada medida se clasificaron los sectores en: sectores con desempeño alto, desempeño medio y desempeño bajo. Los sectores de desempeño alto son aquellos sectores que alcanzan tasas superiores de crecimiento en el PIB, y en el empleo al 8%. Este valor se toma como referencia ya que es la meta que el gobierno desea alcanzar.

Los sectores de desempeño medio son aquellos sectores que alcanzan tasas de crecimiento entre el 4% y el 8%, mientras que los sectores de bajo desempeño son aquellos que tienen tasas por debajo del 4%. Este valor del 4% se establece como intervalo inferior debido a que es la tasa de crecimiento de lar-

go plazo que tiene el Valle del Cauca en los últimos 40 años.

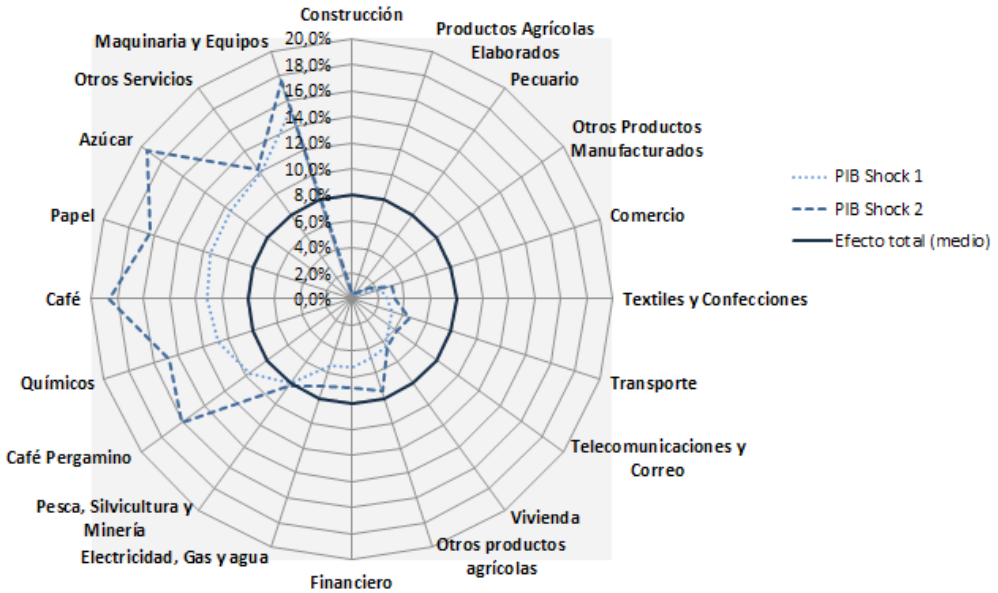
Así, la figura 1 presenta los resultados bajo los dos choques; con el primer impulso¹⁵ 7 sectores se configuran como sectores con alto desempeño económico en materia del PIB: Maquinaria y Equipos (15,4%), Otros Servicios (12%), Azúcar (11,5%), Papel (11,4%), Café elaborado (11,1%), Químicos (10,8%) y Café Pergamino (9,6%). El promedio de crecimiento de estos sectores es de 11,7%.

Los sectores con desempeño medio son pesca, electricidad, financiero, otros productos agrícolas y vivienda. Estos sectores tuvieron un desempeño promedio de 5,6%. Los sectores de desempeño bajo son Construcción, Productos Agrícolas Elaborados, Pecuario, Otros Productos Manufacturados, Comercio, Textiles y Confecciones, Transporte, Telecomunicaciones y Correo, todos con promedio de 1,8%.

Con el segundo impulso, se mantienen los mismos sectores con dos observaciones: la primera es la adición de pesca, silvicultura y minería (8,3%). La segunda, es que con este nuevo impulso el promedio de crecimiento es de 15,4%. El sector de azúcar alcanza casi el 20%.

15 Exportaciones al resto del mundo 13%, exportaciones al resto del país 17%, gasto del gobierno 50% y FIBK 20%.

Figura 1. Impacto de la Agenda de Competitividad en el PIB sectorial real



Fuente: elaboración propia.

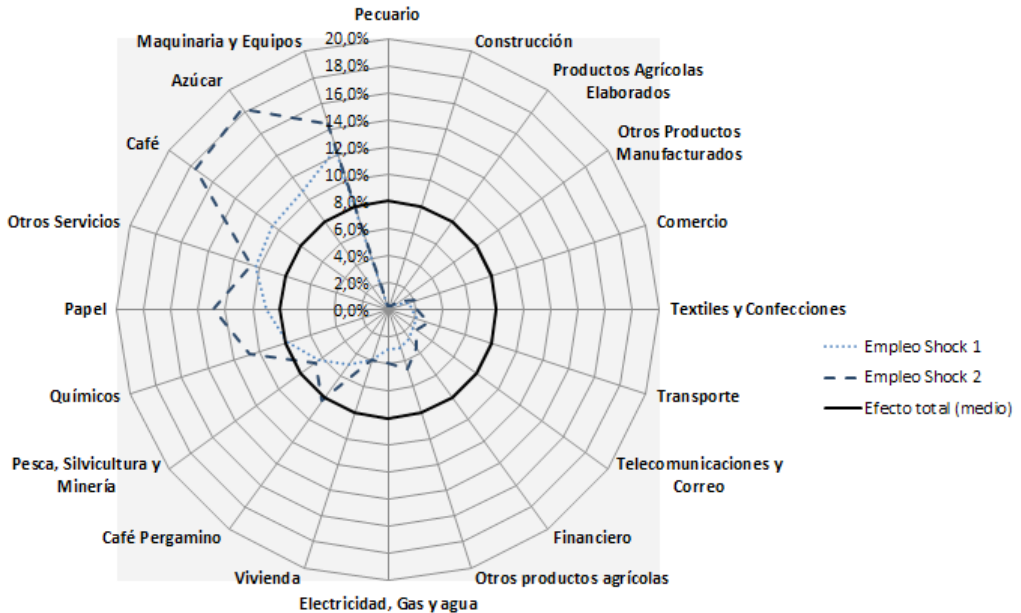
Sectores como Transporte, Telecomunicaciones y Correo, Vivienda, Otros Productos Agrícolas, Financiero y Electricidad muestran un desempeño promedio de casi el 5,8%; 0,2% puntos porcentuales por encima del shock 1. Por último, los sectores con bajo desempeño son Construcción, Productos Agrícolas Elaborados, Pecuario, Otros Productos Manufacturados, Comercio, Textiles y Confecciones.

Se debe destacar que, aunque el sector de construcción aparece en la categoría de bajo desempeño, simulaciones adicionales

muestran que es el sector de más arrastre que tiene la economía regional. Estos resultados no se reportan.

En materia de empleo, los sectores que presentan una mayor impacto son Químicos (7.9%), Papel (9.0%), Otros Servicios (10.3%), Café (10.5%), Azúcar (10.8%) y Maquinaria y Equipos (12.5% cuyo efecto promedio es de 10,2%; Otros Productos Agrícolas (3,0%), Electricidad, Gas y Agua (3,0%), Vivienda (3,9%), Café Pergamino (5,0%) Pesca, Silvicultura y Minería (6,3%) mostraron un comportamiento por debajo del 4%.

Figura 2. Impacto de la Agenda de Competitividad en el empleo sectorial



Fuente: elaboración propia

Según esto último, en términos de generación de empleo, solo un sector se muestra con desempeño medio. Con el segundo impulso, la generación de empleo promedio en los sectores desempeño alto aumenta 2 puntos porcentuales con respecto al impulso anterior. Los demás sectores aumentan marginalmente el desempeño en generación de puestos de trabajo. Se puede visualizar que la agenda de competitividad con una meta del 8% promueve de forma importante los sectores productivos en su producción y en el empleo.

6.1. Impacto desde los coeficientes de Raussmussen

Teniendo presente el hecho de que no todas las actividades tienen el mismo impacto

económico sobre la malla productiva, Ras-mussen (1963) y otros autores, desarrollaron el concepto de encadenamiento o eslabonamiento sectorial que puede tener una industria con el objetivo de visualizar los efectos dados por un cambio en la demanda final.

Se distinguen dos clases de encadenamientos: hacia adelante (*forward linkages*) y hacia atrás (*backward linkages*). Los primeros se producen cuando una actividad ofrece determinado producto, que resulta ser el insumo de otro sector, que a su vez opera como estímulo para un tercer sector, que es un insumo del primer sector en consideración. Los segundos miden la capacidad de una actividad de provocar o arrastrar el desarrollo de

otras, dado que utiliza insumos procedentes de éstas, Schuschny (2005).

En esencia, los encadenamientos permiten visualizar aquellos sectores con mayor potencial de arrastre, sectores que pueden tomar el papel de locomotoras, y la potencia de dicha locomotora está dada por la demanda final que, cuando aumenta ocasiona incrementos en la producción de algunos sectores, que a su vez demandarán directa o indirectamente más productos.

A pesar de la importancia que brinda conocer qué sectores deben potencializarse desde las políticas públicas y/o con esfuerzo articulado del sector privado, también es importante conocer cómo el impacto en algún sector se distribuye a través de toda la economía, es decir, el grado de concentración de dicho sector en la economía. Puede ser que se presente un sector que tenga un alto impacto en la estructura productiva pero poca dispersión, o un sector con un impacto muy bajo pero muy disperso.

La idea que hay detrás del poder de la dispersión es describir la extensión relativa sobre la que un aumento de la demanda final de los productos de la industria j se dispersa a través del sistema de industrias. Así, el índice de poder de dispersión está definido como:

$$IPD_j = U_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij}} \quad (17)$$

Donde:

n : Es el número de ramas de actividad.

r_{ij} : Es el elemento genérico de la matriz inversa de Leontieff calculada a partir de los coeficientes de producción técnicos. Si $U_j > 1$ significa que la rama j tiene poder de dispersión o capacidad de arrastre superior a la media.

Adicionalmente, es necesario conocer la sensibilidad o el encadenamiento hacia adelante, el cual está definido como:

$$ISD_i = U_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n r_{ij}} \quad (18)$$

Donde:

n : Es el número de ramas de actividad.

r_{ij} : Es el elemento genérico de la matriz inversa de Leontieff calculada a partir de los coeficientes de producción técnicos. Si $U_i > 1$ indica que la rama en cuestión es arrastrada de forma superior a la media y tendrá que incrementar su producción más que otras ramas para soportar un incremento dado en la demanda.

A partir de lo anterior, se pueden clasificar los sectores según la figura 3.

Figura 3. Clasificación de sectores según Rasmussen

		$U_i < 1$	$U_i > 1$
$U_j > 1$	II. Sectores Base		I. Sectores Clave
$U_j < 1$	III. Sectores Independientes		IV. Sectores de fuerte arrastre

Fuente: elaboración con base en Banguero *et al.* (2007) y Schushny (2005)

Los sectores denominados como *claves o estratégicos*, poseen baja demanda de insumos, pero abastecen sustantivamente de

éstos a otros sectores; la denominación de *estratégicos* se refiere a que un aumento de la demanda final de sus productos conlleva a

un incremento relativamente grande de la demanda final de los demás sectores.

Los *sectores impulsores o de fuerte arrastre*, son sectores impulsores de la economía, pues suelen poseer consumo intermedio elevado y una oferta de productos que, mayoritariamente, abastecen la demanda final. Los

sectores considerados como *independientes*, consumen una cantidad poco significativa de insumos intermedios y dedican la producción a satisfacer la demanda final. Los sectores *bases o estratégicos* son sectores importantes como impulsores de crecimiento. [(Schuchny, 2005) y (Fuentes, 2001)].

Cuadro 6. Coeficientes de Rasmussen

SECTORES	PODER DE DISPERSIÓN	SENSIBILIDAD DE LA DISPERSIÓN	TIPO DE SECTOR
S1: Café Pergamino	1,056	0,869	Sector base
S2: Otros productos agrícolas	1,151	0,845	Sector base
S3: Pecuario	1,052	0,859	Sector base
S4: Pesca, Silvicultura y Minería	1,050	1,054	sector clave
S5: Electricidad, Gas y agua	1,120	0,748	Sector base
S6: Productos Agrícolas Elaborados	0,827	1,206	Sector <i>fte</i> arrastre
S7: Azúcar	0,724	1,232	Sector <i>fte</i> arrastre
S8: Café	0,782	1,234	Sector <i>fte</i> arrastre
S9: Textiles y Confecciones	1,117	0,915	Sector base
S10: Papel	0,831	1,144	Sector <i>fte</i> arrastre
S11: Químicos	1,001	1,019	Sector clave
S12: Otros Productos Manufacturados	1,047	0,878	Sector base
S13: Maquinaria y Equipos	1,116	1,084	Sector clave
S14: Construcción	0,873	1,246	Sector <i>fte</i> arrastre
S15: Comercio	1,004	0,908	Sector base
S16: Transporte	0,900	0,955	Sector base
S17: Telecomunicaciones y Correo	1,177	0,818	Sector base
S18: Vivienda	0,990	1,131	Sector <i>fte</i> arrastre
S19: Financiero	1,172	0,676	Sector base
S20: Otros Servicios	1,009	1,177	Sector clave

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 6 muestra la configuración de los sectores desde la clasificación de Rasmussen. Los sectores como Café Pergamino, Otros Productos Agrícolas, Pecuario, Electricidad, Gas y Agua, Textiles y Confecciones, Otros Productos Manufacturados, Comercio, Transporte, Telecomunicaciones y Correo, y Financiero son sectores base; es decir son

sectores que ayudan a potencializar el crecimiento económico. También se debe destacar que 4 de estos diez sectores son del sector agrícola, 3 industriales y 3 de servicios; esto es congruente con la realidad económica regional ya que el Valle del Cauca tiene una fuerte vocación agrícola.

Los sectores de fuerte arrastre son Productos Agrícolas Elaborados, Azúcar, Café, Papel, Construcción y Vivienda; estos sectores tienen como particularidad que requieren muchos insumos primarios para efectos de satisfacer una demanda. Por último, los sectores como Pesca, Silvicultura y Minería, Químicos, Maquinaria y Equipos, y Otros Servicios son sectores clave.

Un ejercicio preliminar para desarrollar la estrategia de crecimiento desde los coeficientes de Rasmussen, consistió en aislar los impulsos simultáneos sobre las exportaciones, la inversión y el gasto en la clasificación sectorial que hace el mismo Rasmussen (ver cuadro 6), es decir, que los impulsos son secuenciales según tipo de sector (base, fuerte arrastre, claves o islas) y se evalúa el impacto a nivel sectorial y agregado. Vale la pena resaltar que el Valle del Cauca no presenta sectores islas.

Al focalizar los esfuerzos sobre los sectores base, el sector de Textiles y Confecciones presenta tasas de crecimiento del 21.4% y de empleo del 13.4%¹⁶. Otros Productos Manufacturados y Servicios tienen tasas de crecimiento del PIB cercanas al 10% y en empleo cada uno creció al 5.9% y al 7.6%, respectivamente. Café Pergamino obtuvo un crecimiento del 5.46% y comercio del 4.5%. En cuanto al empleo, estos dos últimos sectores obtuvieron un crecimiento medio del 3%. El efecto agregado de esto fue un PIB con crecimiento del 4.1% y empleo por 2.2%.

El centrar los esfuerzos sobre los sectores de fuerte arrastre, se puede observar que

13 de los 20 sectores obtuvieron tasas de crecimiento por encima del promedio histórico del Valle del Cauca (4%). Así mismo, se puede visualizar un impacto importante sobre el empleo. En efecto, sectores como el Azúcar, la Construcción, el Café Elaborado y el Papel, obtuvieron crecimientos notables por encima del 13%. En el empleo, estos sectores presentaron una tasa media del 18.5%. Los sectores de Otros Servicios, Productos Agrícolas Elaborados, Pecuario y Otros Productos Agrícolas presentaron una tasa de casi el 10% (Empleo promedio=6.4%). Los sectores como Financiero, Electricidad, Otros Productos Manufacturados y Vivienda, tuvieron un desempeño promedio del 6% y 4% para producción y empleo respectivamente. El efecto total sobre producción fue de 8.4%, y en el empleo de 6.5%.

Cuando los impulsos se generan únicamente sobre los sectores claves, reaccionan por encima de tasas del 10% Maquinarias y equipos (16.2%), Químicos (13.13%), Otros Servicios (11.58%) y Pesca, silvicultura y minería (7.57%); para estos mismos sectores, en materia de empleo, se logran tasas de crecimiento promedio cercanas al 10%.

Una vez realizados estos experimentos preliminares se pasa a configurar los sectores sobre los cuales se genera la estrategia de crecimiento con meta del 8%. Dicha estrategia está fundamentada en 5 sectores de fuerte arrastre, 3 sectores base y 2 sectores clave. Estos sectores son: Productos Agrícolas Elaborados, Azúcar, Café, Textiles y Confecciones, Papel, Químicos, Otros Productos Manufacturados, Maquinaria y Equipos, Construcción y Transporte.

¹⁶ Se debe tener presente que el incremento porcentual que se manejó para este ejercicio fue de 40% (XRM), 20% (XRP), 20% (FIBK) y 50% (Gasto público).

Cuadro 7. Resultados de los experimentos: Impacto en el PIB y el empleo - Agenda Vs. Rasmussen

Sectores Económicos	Agenda de		Rasmussen:		Rasmussen:		Rasmussen:		Rasmussen:	
	Empleo	PIB	Empleo	PIB	Empleo	PIB	Empleo	PIB	Empleo	PIB
Café Pergamino	8,35%	16,10%	8,48%	16,35%	2,83%	5,46%	8,36%	16,12%	0,06%	0,12%
Otros productos agrícolas	4,61%	7,40%	5,27%	8,45%	0,64%	1,03%	5,21%	8,35%	0,22%	0,35%
Pecuario	0,25%	0,55%	4,23%	9,27%	0,25%	0,54%	4,10%	8,99%	0,20%	0,43%
Pesca, Silvicultura y Minería	6,65%	8,31%	1,83%	2,30%	0,47%	0,59%	1,40%	1,76%	6,05%	7,57%
Electricidad, Gas y agua	3,92%	7,07%	4,53%	8,17%	1,25%	2,26%	3,60%	6,50%	1,85%	3,34%
Productos Agrícolas Elaborados	0,40%	0,49%	7,88%	9,56%	0,26%	0,31%	7,66%	9,29%	0,32%	0,39%
Azúcar	18,27%	19,46%	18,66%	19,86%	0,03%	0,03%	18,61%	19,82%	0,06%	0,06%
Café	17,59%	18,61%	17,83%	18,87%	0,37%	0,39%	17,59%	18,61%	0,12%	0,13%
Textiles y Confecciones	2,06%	3,31%	15,08%	24,20%	13,41%	21,51%	2,25%	3,60%	1,25%	2,00%
Papel	12,89%	16,30%	13,21%	16,70%	0,36%	0,45%	12,92%	16,34%	0,59%	0,75%
Químicos	10,76%	14,79%	11,29%	15,52%	0,52%	0,71%	1,89%	2,60%	9,55%	13,13%
Otros Productos Manufacturados	0,95%	1,49%	10,12%	15,78%	5,90%	9,20%	4,12%	6,42%	0,44%	0,69%
Maquinaria y Equipos	14,35%	17,60%	14,59%	17,89%	0,41%	0,50%	1,59%	1,95%	13,20%	16,18%
Construcción	0,34%	0,36%	18,05%	19,41%	0,22%	0,24%	18,00%	19,35%	0,25%	0,27%
Comercio	2,21%	3,20%	2,98%	4,32%	3,13%	4,53%	2,40%	3,48%	0,72%	1,04%
Transporte	3,13%	4,62%	3,73%	5,50%	2,02%	2,98%	1,90%	2,80%	0,69%	1,02%
Telecomunicaciones y Correo	2,64%	4,19%	2,78%	4,41%	1,49%	2,36%	2,30%	3,64%	1,74%	2,76%
Vivienda	3,92%	4,51%	1,13%	1,30%	0,79%	0,92%	3,94%	4,54%	0,93%	1,07%
Financiero	3,46%	6,78%	4,32%	8,46%	1,33%	2,61%	3,60%	7,06%	1,65%	3,23%
Otros Servicios	10,60%	12,30%	8,89%	10,31%	7,91%	9,18%	8,65%	10,03%	9,98%	11,58%
Efecto Total	6,37%	7,85%	8,74%	10,84%	2,20%	4,10%	6,5%	8,4%	2,49%	4,72%

Fuente: cálculos del autor.

La primera bondad de este esquema es el crecimiento económico de los sectores: 18 de 20 sectores tienen tasas de crecimiento por encima de la media histórica; diez de ellos¹⁷ tienen tasas de crecimiento por encima del 10%; en estos mismos 10 sectores la tasa media del empleo es 13.6%. Los sectores con mejor desempeño son Textiles y Confecciones, Azúcar, Construcción, Café, Maquinaria y Equipos, Papel y Café Pergamino; estos sectores muestran una tasa media del 19% en

PIB y del 15.1% para el empleo. El cuadro 7 presenta los ejercicios de simulación.

El efecto total de la estrategia proveniente desde los coeficientes de Rasmussen, muestra que el PIB crecería a una tasa del 10.8%, y en el empleo de 8.7%. El cuadro permite comprar desde las diferentes estrategias el comportamiento sectorial.

Como se puede observar, la agenda de competitividad desde la planeación del gobierno nacional, tiene un mayor peso sobre las exportaciones del Valle del Cauca al resto del mundo; con esto presente fue que se realizaron los diferentes experimentos: se le dio mayor importancia al comercio internacional. Una cosa que debe destacarse, es que los co-

17 Textiles y Confecciones, Azúcar, Construcción, Café, Maquinaria y Equipos, Papel, Café Pergamino, Otros Productos Manufacturados, Químicos y Otros Servicios, en su respectivo orden.

eficientes de Rasmussen brindan un peso significativamente mayor en aquellos sectores que tienen vocación hacia el comercio interregional, inclusive por encima de las exportaciones al resto del mundo. Estos resultados no se reportan.

7. Limitaciones del modelo insumo - producto

El análisis de insumo-producto tiene, por su simpleza, grandes ventajas, así como adolece de algunas importantes limitaciones:

(i) Las tablas agregan en un producto promedio numerosos productos, transformándolos en sustitutos perfectos e impidiendo analizar la cadena de valor intra-sectorial. En contraste con esto, los productos de distintos sectores no son sustituibles.

(ii) El supuesto de coeficientes técnicos fijos, invalida la posibilidad de que operen economías (o des-economías) de escala, e impone la suposición de que todas las firmas tienen la misma tecnología de producción y los mismos niveles de eficiencia.

(iii) Otra limitación importante reside en la forma como se tratan los bienes de capital: en los cuadros de insumo-producto activos, como las construcciones, las maquinarias durables, los vehículos, etc.; es decir, los integrantes de la formación bruta del capital fijo, son tratados como componentes de la demanda final y, por eso, identificados como meros productos, en lugar de ser considerados como factores primarios que podrían aportar productividad.

(iv) La forma en la que las tablas están valuadas, en términos monetarios, puede tam-

bién ser una fuente de importantes errores: se presume que los flujos monetarios que la matriz de Leontief representa, son equivalentes a los flujos físicos de bienes y servicios. Esto supone que el sistema de precios es perfectamente homogéneo, lo cual no sucede en la práctica.

Además de lo anterior, el presente trabajo se estructura sobre un MIP de 1994, lo cual puede no reflejar la verdadera composición sectorial que presenta hoy día. No obstante, como se evidencia en la parte descriptiva del documento, una primera mirada a la estructura productiva del Valle del Cauca muestra que, en términos generales, no ha cambiado mucho.

8. Conclusiones y agenda de investigación

El presente trabajo tiene por objeto medir los impactos sobre el empleo y la producción a través de la matriz insumo-producto dada la riqueza que tiene la herramienta en el análisis intersectorial para proponer una estrategia de crecimiento. Los experimentos que se realizaron en un primer escenario, fueron con incrementos porcentuales del 13%, 17%, 20% y 50% para exportaciones al resto del mundo, exportaciones al resto del país, inversión y consumo del gobierno, respectivamente (Shock 1).

Al ajustar las estimaciones por metas deseadas en tasas de crecimiento económico (mayor al 8%), la configuración quedó con aumentos del 40% para las exportaciones al resto del mundo, un 20% para las exportaciones al resto del país, un 20% para la inversión,

y un 50% gasto del gobierno (Shock 2). En ambos casos se manejaron los mismos sectores.

Entre los principales resultados se puede destacar que la estrategia del gobierno está enfocada principalmente sobre sectores de fuerte de arrastre en la región. La construcción, al ser un sector de fuerte arrastre, toma relevancia no como estrategia única de crecimiento sino como una estrategia transversal a los planes de desarrollo.

Otro aspecto es el desempeño de toda la economía regional cuando el gasto del gobierno alcanza el 50% e interactúa simultáneamente con otros impulsos en los sectores; esto demuestra que el aporte del gobierno es fundamental para impulsar estrategias de crecimiento sostenido.

Al comparar ambas estrategias (Agenda de competitividad y Rasmussen) se puede ver que desde los coeficientes de Rasmussen, se tiene un mayor impacto y dispersión sobre la maya productiva tanto en producción como en empleo, así como una mejor configuración de los sectores a potencializar. Aun así, se debe destacar que la estrategia del gobierno esté bien enfocada dada la meta que quiere alcanzar a 2032.

La fuerte dinámica que arrastra las exportaciones a otras regiones del país es un elemento que se destaca en casi todos los ejercicios que se realizaron desde la propuesta de Rasmussen. Por ejemplo, en el primero hay siete sectores que presentan en promedio tasas de crecimiento del PIB por encima del 6% (Café Pergamino, Pecuario, Productos Agrícolas Elaborados, Azúcar, Café, Papel y Químicos) y en el empleo estos mismos sectores tienen tasas de crecimiento un poco

más del 5%. En el segundo, los sectores que evidencian mayor impacto sobre el PIB son Papel (5%), Azúcar (9%), Café (7%) y Café Pergamino (6%); lo que se puede ver de manera inmediata es que el impacto asociado a la dinamización del comercio interregional es mayor al porcentaje que se optiene desde la profundización del comercio internacional.

En cuanto a empleo, Químicos, Papel y Azúcar crecieron a tasas del 8%; Café con el 6.6%; Café Pergamino y Productos Agrícolas elaborados aumentaron su empleo en 3.2% y 1.9%. Para los escenarios de la agenda de competitividad y los escenarios basados en los coeficientes de Rasmussen, se encuentra un mejor desempeño bajo el mismo impulso en los componentes¹⁸.

Desde la estrategia guiada por los coeficientes de Rasmussen, se desarrollaron ejercicios con base en cada uno de los sectores que éste establece. El primer ejercicio que se desarrolló fue con los sectores base. Estos alcanzan un máximo de crecimiento del PIB en 4% y en empleo del 2,2%; los sectores con mejor desempeño en producción son Textiles (21,5%), Otros Productos Manufactureros (9,2%), Café Pergamino (5,5%), Comercio (4,5%), Transporte (3%), Financiero (2,6%), Telecomunicaciones (2,36%) y Electricidad (2,26%). Se debe tener presente que la meta de cada ejercicio es lograr la mejor configuración desde los lineamientos de Rasmussen para alcanzar las mayores tasas de crecimiento en materia de producción y

¹⁸ Aumento en el total y distribuido por el peso relativo de cada sector en el respectivo componente: exportaciones al resto del mundo=40%; exportaciones al resto del país=20%; FIBK=20%.

empleo. Para este ejercicio solo se alcanzaron las metas mencionadas al inicio. El segundo experimento preliminar consistió en realizar los mismos incrementos por cada componente basado en los sectores de fuerte arrastre. Esto implica medir y/o cuantificar los efectos sobre la economía cuando se realiza el mismo esfuerzo económico con diferentes estrategias.

Al interior de los alcances del presente ejercicio se debe tener presente que una de las ideas de la agenda de competitividad es fortalecer y crear nuevas sinergias alrededor de los sectores que pueden contribuir a mejores niveles y estadios superiores de desarrollo económico de la región.

Así mismo se abre una agenda de posibilidades de investigación alrededor de la matriz IO con el fin de tener en cuenta el potencial de las industrias nacientes y su impacto sobre estas.

Uno de los supuestos más fuerte que maneja el presente modelo es que los incrementos en los escenarios de agenda de competitividad y Rasmussen se hacen con base en los pesos relativos de cada categoría agrupando cada sector y sacando su participación; esta limitación también abre otra posibilidad de iniciar estudios en esta materia asociados a ejercicios de optimización lineal y dinámicos para contemplar posibles tendencias o sendas óptimas en la medición de la política económica regional.

Una posibilidad significativa en términos de enriquecer la discusión técnica asociada al crecimiento económico regional, está en la entropía econométrica; a partir de esta herramienta se pueden inferir matrices de contabilidad social regional las cuales pueden

permitir la estimación de modelos de equilibrio general computables de índole regional e inclusive a nivel municipal; así mismo se pueden integrar estructuras de corte econométrico con el modelo IO para incluir aspectos dinámicos y estocásticos a los impactos.

Finalmente, desde estos escenarios se pueden vislumbrar tres elementos de análisis. El primero de ellos está asociado a la estrategia recurrente de parte de los gobiernos de impulsar la economía nacional y regional con base en el comercio internacional. El segundo, tiene que ver con la importancia que tiene el propio comercio a nivel país; en todos los escenarios siempre hubo mayor impacto desde este componente¹⁹. Por último, el sector azucarero sigue siendo de los principales sectores que jalonan el PIB y el empleo, la construcción y otros sectores tradicionales como químicos, papel, textiles y café. Cada uno de ellos mostró los coeficientes más altos desde el análisis de Rasmussen.

Bibliografía

- Banguero, H., & Méndez, A. (2009). *La demanda por bienes y servicios en el Valle del Cauca: construcción metodológica y cálculo para el 2004*. Cali: Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidad Autónoma de Occidente.
- Banguero, H., & Méndez, A. (2009). *Reactivación de las cuentas económicas regionales del Valle del Cauca 1999*

¹⁹ Algunos de estos resultados no se reportan.

- 2004. Cali: Dirección de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Universidad Autónoma de Occidente.
- Banguero, H., Duque, H., Garizado, P. A., & Rojas, D. C. (2009). Análisis del impacto económico sobre la estructura productiva de la región del Valle del Cauca - Colombia, a partir de la matriz insumo producto. *III Jornadas Españolas de Análisis Input Output. Cambio Estructural y Desarrollo Sostenible*. Madrid, España.
- Bonet, J. (Mayo de 2000). La matriz insumo producto del Caribe colombiano. *Documentos de trabajo sobre economía regional*(15), 1-30.
- Bonet, J. (1 de julio de 2005). *Cambio estructural regional en Colombia: una aproximación con matrices insumo-producto*. Obtenido de sitio web del Banco de la República: <http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/pdf/DTSER-62-VE.pdf>
- Currie, L. (1979). *Desarrollo Económico Acelerado: La necesidad y los medios*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2 de septiembre de 2010). *Informe de Coyuntura Económica Regional Departamento Valle del Cauca*. Obtenido de Banco de la República: http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/ICER/vale_cauca/2009.pdf
- Hernández, E. (Mayo de 2005). *Un modelo insumo producto como instrumento de análisis económico*. Caracas: Colección Economía y Finanzas, Serie Documentos de Trabajo, Banco Central de Venezuela.
- Hernández, G. (4 de enero de 2011). *Matrices Insumo-Producto y Análisis de Multiplicadores: Una aplicación para Colombia*. Obtenido de sitio web del Departamento Nacional de Planeación: <http://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=5j6bV8v3vhM%3D&tabid=1231>
- Hirschman, A. (1958). *The Strategy of economic development*. New York: Yale University Press.
- Kozikowski, Z. (1988). *Técnicas de planificación macroeconómica*. Ciudad de México: Trillas.
- L'esperance, W., Nestel, G., & Fromm, D. (1969). Gross state product and an econometric model of a state. *Journal of the American Statistical Association*, 63(327), 787-807.
- Lobo, R. L. (2000). Comparación de la capacidad predictiva de los modelos de coeficientes fijos frente a variables en los modelos econométricos regionales: un análisis para Cataluña. *Revista de Estudios de Economía Aplicada*, 125-162.
- Mendoza, E., & Díaz, A. (2007). Modelización y aplicación de los nuevas teorías del crecimiento económico regional en México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 7(25), 267 - 271.
- Miller, R., & Blair, P. (2009). *Input Output Analysis: Foundations and Extensions* (Second ed.). New York: Cambridge University Press.
- Milne, W. (1980). A framework for analyzing regional decline: A multiregional

- econometric model of the United States. *Journal of Regional Science*, 20, 173-190.
- Nurkse, R. (1953). *Problems of capital formation in underdevelopment countries*. Oxford: Oxford University Press.
- Peña, R. (12 de diciembre de 2006). *Las disparidades económicas intrarregionales en Andalucía*. Obtenido de Eumed: <http://www.eumed.net/tesis/2006/arps/>
- Perdomo, A. (12 de abril de 2004). *Modelo Insumo- Producto dinámico*. Obtenido de sitio web de Departamento Nacional de Planeación: http://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DEE/Archivos_Economia/250.pdf
- Rasmussen, P. (1963). *Relaciones intersectoriales*. Madrid: Aguilar.
- Rey, S. (8 de enero de 1999). *Integrated regional econometric and Input Output modeling*. Recuperado el 13 de octubre de 2011, de San Diego University: <http://www-sekon.slu.se/~bkr/mistrareyspaperonregionalmodeling.pdf>
- Schuschny, R. (2005). *Tópicos sobre el modelo insumo producto: teoría y aplicaciones*. Recuperado el 22 de septiembre de 2011, de Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/24286/lcl2444e.pdf>
- Sonis, M., & Hewings, G. (2009). *Tool Kits in Regional Science*. Berlin: Springer.

ANEXOS

Anexo 1. Métodos de solución

Las ecuaciones 12 y 13 resultan ser la parte medular del MIP:

$$\mathbf{AX} + \mathbf{Y} = \mathbf{X} \text{ ó } (\mathbf{I} - \mathbf{A}) \mathbf{X} = \mathbf{Y}$$

Este resulta ser un sistema de n ecuaciones en n incógnitas $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$; el vector de las constantes $\mathbf{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ se supone como dado.

Para obtener la solución al sistema (15) se puede utilizar cualquier método, como el de sustitución, el de cremer, el de gauss - jordan, etc. Todos estos métodos se utilizan para encontrar la solución particular, válida para un vector de constantes \mathbf{Y} . Sin embargo, en los ejercicios de planificación se requieren varias soluciones tentativas con diversos vectores de demanda final \mathbf{Y} .

Partiendo del sistema (15) y premultiplicando por la inversa de Leontieff:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{X} = \mathbf{Y}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

$$\mathbf{X} = \mathbf{Y}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$$

En términos generales, se puede decir que un sistema cuadrado de ecuaciones simultáneas tiene una solución única si la correspondiente matriz jacobiana es de pleno rango fila. Para este caso, la matriz jacobiana es $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ y es de pleno rango fila si el determinante de rango $n|\mathbf{I} - \mathbf{A}|$ no se anula. Así, se dice que la matriz de Leontieff $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ es regular, o sea que sus filas y columnas son linealmente independientes. Que la matriz de

Leontieff sea regular implica que tiene una matriz inversa y la solución existe.

Lo anterior es condición necesaria mas no suficiente, es decir, que exista regularidad en la matriz no es suficiente para que exista la solución del MIP; se requiere, adicionalmente, que se cumpla la condición de Hawkins-Simons²⁰, la cual requiere que los elementos menores principales de $(\mathbf{I} - \mathbf{A})$ sean positivos. Esto se cumple si y solo si las sumas de las columnas de la matriz \mathbf{A} son menores o iguales a 1, es decir:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \leq 1, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$$

$$\text{y } \sum_{i=1}^n a_{ij} \leq 1 \text{ por lo menos para un } j.$$

En términos económicos, estas condiciones significan que para cada sector j , la cantidad del producto X_j se requiere directa o indirectamente para producir una unidad de X_j debe ser menor que 1. En otras palabras, es requisito que todos los sectores se basten por sí mismos directa o indirectamente²¹.

20 Las condiciones de Hawkins-Simon se cumplen si la matriz \mathbf{A} se obtuvo con base en datos empíricos.

21 Para producir una unidad del producto final en el sector $j(Y_j=1)$ se requiere una producción de X_j sea igual a Y_j más lo que el sector j requiere para su autoconsumo; es decir $X_j = 1 + a_{jj}$. Además, el sector j requiere insumos producidos por todos los sectores, pero los otros sectores para producir los insumos demandados por el sector j , requieren, a su vez, cantidades específicas de X_j como sus insumos. Para producir estas cantidades, el sector j requiere insumos de los restantes sectores y estos requieren X_j para proporcionarlos. Las demandas inducidas son cada vez menores y eventualmente, se hacen despreciables. En ese momento hay que sumar X_j y se obtiene el uso total (*directo e indirecto*) de X_j para producir una unidad de demanda final del sector $j(Y_j)$.

Anexo 2. Estimación del vector de empleo por medio de entropía econométrica²²

El problema que se estructura en el presente estudio, no es un problema asociado a procesos de actualización matricial como el que se maneja de manera atípica en la entropía econométrica, sino un problema de inferencia basado distribuciones *a priori*. Por lo tanto puede ser resuelto por entropía cruzada.

Supóngase una variable aleatoria discreta, la cual puede tomar $K \geq 2$ valores $X = \{X_1, X_2, \dots, X_k\}$ con probabilidades $p = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$, con esto presente se pueden modelar los posibles resultados desde la función de entropía de Shanon la cual mide la incertidumbre acerca de una variable X .

$$H(P) = - \sum_{k=1}^K p_k \ln(p_k)$$

Donde $H(P)$ tiende a cero (0) cuando la probabilidad de uno de sus posibles resultados de la variable aleatoria tiende a 1²³. Este problema puede asemejarse a un problema de maximización sin restricciones para la distribución uniforme. Esto siempre y cuando las probabilidades sean conocidas; esto tiende a ser más real ya que por lo general, es cuando se cuenta con algún grado de información asociado al problema.

Para este caso, se puede proceder a maximizar $H(P)$ sujeto a únicamente a la disponibilidad de información.

La idea entonces es maximizar $H(P)$ sujeto a las restricciones que reflejen la información que se tiene acerca de las probabilidades:

$$MAX H(P) = - \sum_{k=1}^K p_k \ln(p_k)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^K p_k f_n(x_k) = y_n; n = 1 \dots N$$

$$\sum_{k=1}^K p_k = 1$$

Las probabilidades son estimadas con base máxima entropía condicionada a la información muestral.

Este tipo de problemas de maximización tiene su forma dual desde un problema de minimización; para este caso la función objetivo sería la divergencia de Kullback-Leibler con respecto a una distribución uniforme. El caso unidimensional presenta la siguiente forma:

$$KL = Dp||q = \sum_{k=1}^K p_k \ln \frac{p_k}{q_k}$$

Donde q refleja nuestra información *a priori* acerca de p ; KL es no negativo e igual a cero (0) si $p = q$; si no se tiene distribución *a priori* disponible se vuelve un problema de entropía de Shanon.

Con estos planteamientos presentes, el estudio tiene un problema asociado con la disponibilidad de información del número de empleados a nivel de los sectores que se trabajaron. Se cuenta con información acerca

22 La presente sección se basa en los apuntes de clase del seminario de entropía econométrica dictado por el Doctor Esteban Fernández en la Universidad Autónoma de Occidente (Cali) en diciembre de 2010.

23 Implica que la incertidumbre tiende a disminuir o a desaparecer.

del número total de empleados a nueve sectores económicos con sus respectivas distribuciones; y suponiendo que la remuneración de los asalariados de la MIP a 20 sectores, es una buena distribución *a priori* del empleo para los 20 sectores se configura el siguiente problema:

$$\sum_{i=1}^{20} p_i = 1$$

Donde:

y_j : Es la proporción de empleo a j -sectores económicos; para este caso 9 sectores.

Q_i : Es la proporción de remuneración a los asalariados a 20 sectores, siendo esta la distribución *a priori*,

p : es el vector de probabilidades objetivo a 20 sectores económicos.

$$MIN P_i = \ln \left(\frac{P_i}{Q_i} \right)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^9 p_j = y_j$$

La estimación del presente problema de optimización se realizó en GAMS.

Anexo 3. Sistema de contabilidad nacional

Sectores Compradores	S_1	S_2	...	S_n	$\sum_{j=1}^n \dots$
	S_2	S_3	\vdots	S_n	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$
Sectores Vendedores	S_1	S_2	...	S_n	$\sum_{j=1}^n a_{nj}$
	$\sum_{i=1}^n \dots$	$\sum_{i=1}^n a_{i,1}$	$\sum_{i=1}^n a_{i,2}$...	$\sum_{i=1}^n a_{i,n}$
Importaciones (M)	m_1	m_2	...	m_n	
Salarios (L)	w_1	w_2	...	w_n	
Beneficios (K)	k_1	k_2	...	k_n	
Impuestos Indirectos (T)	t_1	t_2	...	t_n	
Total insumos primarios	f_1	f_2	...	f_n	

Fuente: elaboración propia con base en Kozikowski (1988).

Anexo 4. Matriz de coeficientes técnicos

Sectores Compradores					$\sum_{j=1}^n \dots$	
	S_1	S_2	...	S_n		
Sectores Vendedores	S_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	$\sum_{j=1}^n a_{ij}$: $\sum_{j=1}^n a_{nj}$
	S_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	
	S_3	a_{31}	a_{32}	...	a_{3n}	
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	
	S_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}	
$\sum_{i=1}^n \dots$	$\sum_{i=1}^n a_{i1}$	$\sum_{i=1}^n a_{i2}$...	$\sum_{i=1}^n a_{in}$		
Importaciones (M)	m_1	m_2	...	m_n		
Salarios (L)	w_1	w_2	...	w_n		
Beneficios (K)	k_1	k_2	...	k_n		
Impuestos Indirectos (T)	t_1	t_2	...	t_n		
Total insumos primarios	f_1	f_2	...	f_n		

Fuente: elaboración propia con base en Kozikowski (1988).