

Análisis Insumo - Producto: una Aplicación para la Economía de Boyacá - Colombia

Input Analysis - Product: An Application for the Economy of Boyacá- Colombia

Analyse d' intrans - Produit: une application pour l'économie de Boyacá - Colombie

Análise de Insumo - Produto: uma aplicação para a Economia de Boyacá- Colômbia

Cristian Fernando Sanabria Bautista¹ - Juan Pablo Cely Acero²

Fecha de recepción: 13 de agosto de 2018

Fecha de aprobación: 30 de diciembre de 2018

Resumen

El objetivo de esta investigación se centra en identificar los sectores con mayor impacto en términos de producto, empleo e ingreso dentro de la economía de Boyacá, buscando generar aportes para el debate y para posibles políticas públicas dentro del departamento. A través del análisis regional insumo-producto, se hace uso de los coeficientes de localización FLQ en su versión modificada como método indirecto, además se emplea el enfoque de extracción hipotética a la Sonnis. Se halló que el sector agrícola junto con la cría especializada de animales tiene importantes multiplicadores en el producto, ratificando la vocación rural del departamento; pero se encuentra que estas ramas no tienen el mismo impacto en

la generación de empleo e ingreso, donde sectores como la electricidad, el petróleo y las telecomunicaciones tienen multiplicadores más altos. A pesar de los efectos ya mencionados, existe una baja conexión entre los diferentes sectores, conclusión extraída del análisis tanto de multiplicadores como de la extracción hipotética.

Palabras Clave:

Análisis Insumo-Producto, política pública, multiplicadores, eslabonamientos, coeficientes de localización.

Summary

The objective of this research is to identify the sectors with the greatest impact in terms of product, employment and income

1 Economía, Grupo de Investigación Grupo EUGENE FAMA de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: cristian.sanabria02@uptc.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5583-4238>. Tunja, Boyacá- Colombia

2 Economía, Grupo de Investigación Grupo EUGENE FAMA de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: juan.cely04@uptc.edu.co. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0329-8490>. Tunja, Boyacá- Colombia

Para citar este artículo: Sanabria-Bautista, C. F., Cely-Acero, J.P. (2018). "Análisis del Insumo-Producto: Una Aplicación para la Economía Boyacense". In *Vestigium Ire*. Vol. 12-2, pp. 53-68 .



within the economy of Boyacá, seeking to generate contributions for the debate and for possible public policies within the department. Through the regional input-output analysis, the FLQ localization coefficients are used in their modified version as an indirect method, besides the Sonnis hypothetical extraction approach is used. It was found that the agricultural sector together with the specialized breeding of animals has important multipliers in the product, ratifying the rural vocation of the department; but it is found that these branches do not have the same impact on the generation of employment and income, where sectors such as electricity, oil and telecommunications have higher multipliers. Despite the aforementioned effects, there is a low connection between the different sectors, a conclusion drawn from the analysis of both multipliers and hypothetical extraction.

Key Words:

Input-Product Analysis, Public Policy, Multipliers, Linkages, Location Coefficients

Résumé

L'objectif de cette recherche est d'identifier les secteurs ayant le plus grand impact en termes de produit, d'emploi et de revenu au sein de l'économie de Boyacá, en cherchant à générer des contributions au débat et aux politiques publiques possibles au sein du département. L'analyse régionale des entrées-sorties utilise les coefficients d'emplacement du FLQ dans leur version modifiée comme méthode indirecte; en outre, l'approche hypothétique d'extraction des Sonnis est utilisée. Il a été constaté que le secteur agricole ainsi que l'élevage spécialisé d'animaux ont d'importants

multipliateurs dans le produit, ratifiant la vocation rurale du département; cependant, on constate que ces branches n'ont pas le même impact sur la création d'emplois et de revenus touchant les secteurs tels que l'électricité, le pétrole et les télécommunications ayant des multipliateurs plus élevés. Malgré les effets susmentionnés, il existe un faible lien entre les différents secteurs, conclusion tirée de l'analyse des multipliateurs et de l'extraction hypothétique.

Mots-clés:

Analyse entrées-produits, politique publique, multipliateurs, liens, coefficients de localisation.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é identificar os setores com maior impacto em termos de produto, emprego e renda na economia de Boyacá, buscando gerar contribuições para o debate e possíveis políticas públicas dentro do departamento. Através da análise de insumo-produto regional, os coeficientes de localização FLQ são usados em sua versão modificada como um método indireto, além disso, é usado o foco de extração hipotética tipo à Sonnis. Constatou-se que o setor agropecuário junto com a criação especializada de animais possui importantes multiplicadores no produto, ratificando a vocação rural do departamento; mas encontra-se que essas filiais não têm o mesmo impacto na geração de emprego e renda, onde setores como eletricidade, petróleo e telecomunicações têm multiplicadores mais altos. Apesar dos efeitos acima mencionados, há uma baixa conexão entre os diferentes setores, uma conclusão tirada da análise de ambos os multiplicadores e extração hipotética.



Palavras-chave:

Análise de Insumo-Produto, políticas públicas, multiplicadores, vínculos, coeficientes de localização.

Introducción

Las estimaciones de los impactos en términos de inversión pública resultan importantes para determinar las preferencias de la sociedad. Por lo tanto, se busca con ello ampliar los beneficios potenciales asociados a soportar su implementación, a pesar de ser iniciativas que son costosas y requieren de recursos para su ejecución, resulta trascendente analizar las actividades económicas generadoras de mayores efectos en cadena.

El criterio de medir el efecto multiplicador permite orientar la inversión y dotar de mayores herramientas a quienes formulan las políticas públicas. El costo- efectividad y costo-beneficio analiza de manera complementaria al efecto multiplicador.

Con el fin de lograr crecimiento económico y generación de empleo a escala regional, se busca identificar los mayores efectos multiplicadores en la economía de cada uno de los sectores analizados. En este sentido, la relevancia en el uso de modelos regionales Insumo-Producto permite estimar los efectos que un cambio inicial en un sector productivo, provoca sobre la economía de la región. El cambio inicial hace referencia a variaciones en componentes de la demanda final, incremento del gasto gubernamental, inversión o exportaciones.

Por lo anterior, este trabajo estima los multiplicadores de producto, empleo e ingreso, además de la inserción de eslabonamientos atrás y hacia adelante en Boyacá, con la intención de encontrar los sectores que potencien la inversión en el departamento. El reconocimiento de estos, permitirá identificar las ventajas comparativas de la economía y de allí implementar políticas públicas que conlleven a su desarrollo.

El departamento de Boyacá con 123 municipios, cuenta con cerca del 2.6% de la población nacional asentada en su territorio; representando el 2.86% del producto interno bruto (PIB) colombiano, Boyacá recibe el 2% del presupuesto de inversión de la nación, y ha destinado en los últimos años grandes recursos a proyectos en sectores como transporte, agricultura y educación. Toma relevancia el trabajo, ya que brinda información importante para la evaluación del desempeño de las inversiones ejecutadas y genera una posible hoja de ruta³.

Inicialmente se diseña la matriz insumo-producto (MIP) regional para 33 ramas de actividad con base en la generada a escala nacional (MIP) utilizando el método indirecto de regionalización de los coeficientes de localización de Flegg en su versión modificada, para la obtención de matrices de coeficientes técnicos locales, de los que se derivan los multiplicadores ya mencionados.

Por otra parte, el análisis a los sectores clave se genera a partir del método de extracción hipotética propuesto por Sonis et al. (1995).

• - - - - -
3 Dato extraído del informe departamental del presupuesto de inversión de 2017, elaborado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

Este trabajo se compone de seis apartados: 1) se realiza esta introducción; 2) se ejecuta una revisión de literatura, en donde se encuentran estudios que utilizan matrices y multiplicadores regionales; 3) se analiza los elementos básicos de la metodología insumo-producto, además se define cada uno de los multiplicadores tanto sus ventajas como limitaciones de su utilización, igualmente se elabora el análisis con respecto a los eslabonamientos; 4) hace referencia a la descripción de los datos y la metodología empleada. Finalmente, en los últimos apartados se encuentran los resultados de las estimaciones y la discusión correspondiente, por otra parte, se sintetiza la investigación de actividad económica de Boyacá en comentarios finales vistos en modo de conclusión.

se hace el uso de métodos directos con el objetivo de deducir las MIP regionales, es el caso Bourque et al. (1967), Emerson (1969) y Miernyk (1970) quienes esquematizan la estructura interindustrial para Washington, Kansas y West Virginia respectivamente.

Posteriormente, aparecen múltiples enfoques alternativos e indirectos para la elaboración de tablas insumo-producto regionales, en este sentido, la tercera parte hace referencia a procedimientos que ajustan coeficientes nacionales para derivar coeficientes regionales. Es el caso de Shen (1960), quien corrigió las diferencias entre la estructura industrial regional y nacional, logrando así una matriz local compacta a través de la ponderación del valor agregado industrial regional, en seguida agrupa los sectores desde una MIP nacional para ser desagregada finalmente. El trabajo de Czamanski (1969), desarrolló la técnica de ajuste biproportional (RAS), de igual manera, se incrementó la investigación de aplicaciones empíricas al adicionar métodos de coeficientes de localización al análisis por medio de los trabajos de Schaffer y Chu (1969), Morrison y Smith (1974) y Round (1978).

Por otra parte, la investigación de McNicoll y Baird (1980), diseñada como la MIP de las Islas Shetland para 1971 y 1976, fue propuesto su uso para derivar multiplicadores de producto, ingreso y empleo en actividades petroleras para medir su impacto sobre la economía local y así evaluar el desempeño económico y plantear estrategias de inversión por entes gubernamentales.

Revisión de Literatura

La literatura es amplia en el caso del cálculo de los multiplicadores regionales, además se incluyen análisis de insumo - producto y técnicas con base en adelantos teóricos, así se aprecia en Richardson (1985), clasificando en tres etapas los estudios previos con respecto al análisis insumo-producto. En principio, trabajos como Isard (1951), Leontief (1953)⁴ y Rasmussen (1956), plantearon modelos Insumo-Producto nacional aplicables al entorno regional en países como Estados Unidos, Dinamarca y Japón. Al mismo tiempo progresaban técnicas de impacto en regiones particulares sobre expansiones a nivel sectorial en trabajos como Isard y Kuenne (1953) y Miller (1957). En la segunda parte, en la década de 1960

4 Dado su objetivo de comparar en el tiempo los diferentes niveles de producción, la matriz inversa de Leontief, le permite incorporar a través de las medidas de sensibilidad y poder de dispersión, los efectos directos e indirectos que tienen la compra y venta de insumos entre las actividades productivas.

Chenery y Watanabe (1958), desarrollan el análisis de eslabonamientos hacia adelante y hacia atrás por su inquietud en la identificación de diferentes sectores de la producción, su particular relación entre ellos y el impacto que tienen en la economía.

En la actualidad, la estimación de matrices insumo-producto (MIP) regionales a través de las nacionales, domina la literatura. Se ha extendido el uso de métodos indirectos mediante las técnicas de coeficientes de localización, y específicamente, de los coeficientes de Flegg ya sea en su versión original o extendida. Se encuentran trabajos como los de Flegg y Tohmo (2013) para Finlandia, Flegg, Mastronardi y Romero (2016) para la provincia de Córdoba en Argentina, Bakhtiari y Dehghanizadeh (2012) para la provincia de Yazd en Irán.

Para el caso colombiano, Hernández (2012), hace un análisis de multiplicadores utilizando coeficientes insumo-producto para observar las relaciones intersectoriales de la economía colombiana para el año 2007. Además, se tiene una entidad que entre sus labores se encarga de producir matrices insumo-producto, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), siendo el último antecedente la construida para el año 2010. Esta también produce dentro de su función como generadora de cuentas nacionales, la Matriz de Contabilidad Social.

En el entorno regional, se destacan los trabajos de Ramos, Polo y Arrieta (2017), donde utilizan el método de coeficientes de Flegg para estimar los multiplicadores de producto, empleo e ingreso para los departamentos de la costa caribe colombiana. Villa y Giraldo (2014), utilizan la matriz nacional de insumo-

mo-producto para el 2010 con el objetivo de aproximar un análisis en la economía regional de la ciudad de Medellín, haciendo entre otros análisis cálculos de multiplicadores de ingreso, empleo y producto. Banguero, Duque, Garizado y Parra (2006), estiman una matriz simétrica de insumo-producto para el Valle del Cauca empleando la técnica de ajuste biproporcional RAS haciendo análisis de interdependencia sectorial mediante el cálculo de coeficientes de Rasmussen. En la región propiamente boyacense, no hay algún historial de desarrollo y análisis de tablas insumo-producto, a pesar de contar con una sede departamental del DANE y con un departamento de Economía en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Modelo Insumo - Producto, Regionalización, Multiplicadores y Eslabonamientos

El modelo Insumo-Producto

El modelo Insumo-Producto captura en forma matricial el equilibrio entre la oferta y utilización de la producción sectorial en una economía. Se compone de tres submatrices principales. La primera, es la submatriz de consumos intermedios que reúne las compras y ventas que se dan entre los sectores de la economía, esta resume las transacciones intermedias. La segunda, es la submatriz de demanda final, formada por las ventas de la producción de cada sector al mercado final, conformada por el consumo de los hogares y gobierno, la inversión, la variación de existencias y las exportaciones netas. La tercera, la submatriz de valor agregado, muestra las remuneraciones que cada sector realiza al capital y al trabajo por la transformación de insumos en productos, el ingreso



mixto y los pagos en impuestos menos los subsidios que recibe la producción.

Como todo en economía, el desarrollo de la MIP depende de algunos supuestos. Primero, asumimos homogeneidad sectorial; es decir, cada rama de actividad tiene una producción primaria, más no secundaria (Hernández, 2012). Segundo, se asume invarianza de precios relativos; todos los productores se enfrentan al mismo precio por un bien o insumo. Tercero, hipótesis de proporcionalidad; se supone que la utilización de insumos varía en la misma proporción que varía la producción. Por último, el supuesto de aditividad: el efecto sobre la producción total de varios sectores, es igual a la suma de los efectos sobre la producción de cada uno de los sectores.

tos directos y conformada por los términos a_{ij} , que indican cuáles son las necesidades del insumo i por unidad de producción

bruta del sector j de acuerdo a $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$. Cada coeficiente es fijo para el período de construcción de la matriz Insumo-Producto, suponiendo retornos constantes a escala. Como el incremento de los requerimientos directos de un sector demanda la producción de otros consumos intermedios para su producción, se provoca una cadena de producciones indirectas que se calculan despejando X en (1)

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (2)$$

Donde I es la matriz identidad. $(I - A)$ es la matriz de Leontief y $(I - A)^{-1}$ es la matriz inversa de Leontief, de esta última siendo cada uno de sus elementos los requerimientos directos e indirectos en la obtención de la producción de cada sector de la economía. Tenemos que $(I - A)^{-1}$ reúne el efecto multiplicador de un choque o cambio en la demanda final, lo que puede expresarse como:

$$\begin{aligned} & (I - A)^{-1} \\ &= \Delta Y + A\Delta Y + A^2\Delta Y \\ &+ A^3\Delta Y, \dots, A^n\Delta Y \end{aligned} \quad (3)$$

Multiplicadores Insumo-Producto

En cuanto a los multiplicadores Insumo-Producto, permiten explicar el impacto económico a partir de tres multiplicadores, los cuales son: producto, empleo e ingreso. Posteriormente, tanto el multiplicador de ingreso como el de empleo capturan dos efectos; en primer lugar, captan efectos directos e indirectos de los cambios en los

A partir de estos supuestos se construye el modelo, asumiendo que cada sector se comporta de acuerdo a una tecnología de tipo Leontief. Matemáticamente, la utilización de la producción en la MIP se resume en la expresión:

$$\begin{aligned} X &= \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (1) \\ &+ \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Donde X es un vector $n \times 1$, que contiene en cada elemento X_i la producción bruta de cada uno de los n sectores de la economía. Y es un vector $n \times 1$, con los componentes de la demanda final. Por último, A es una matriz $n \times n$, denominada de requerimien-

componentes de la demanda final (tipo I) y efectos inducidos (tipo II). Los multiplicadores generan choques de una actividad en la producción hacia un sector en especial.

Multiplicador de producto: cuantifica la producción que satisface los aumentos en la demanda cualquiera que fuese la industria en la MIP. Asume relevancia el multiplicador dado a que si se expande la producción de un sector genera en cadena la expansión de otro sector dentro de la región, al mismo tiempo, a futuro incide en incrementos del sector inicialmente mencionado.

Multiplicador de empleo: explica los cambios en el empleo que satisfacen aumentos en la demanda de un sector de la economía.

Multiplicador de ingreso: muestra la influencia en el cambio en la demanda final con respecto al ingreso percibido por los hogares.

En este sentido, el corto plazo es el propósito de los multiplicadores estimados según sus cambios económicos, dejando de lado ajustes de largo plazo.

Análisis de Eslabonamientos

Con el fin de alinear alternativas de política económica encaminadas a generar mayor crecimiento, los eslabonamientos orientan aquellos sectores donde mejor se pueden aprovechar las economías a escala. Por lo tanto, resalta a aquellos sectores que muestran externalidades positivas sobre los demás, así que el objetivo final llegará a ser el arrastre de los sectores por parte de los que se encuentran activos.

Chenery & Watanabe (1958), asocian los eslabonamientos o encadenamientos a la interdependencia industrial dentro del modelo de Leontief, dando como resultado que en efecto las matrices Insumo-Producto son herramientas útiles para el estudio de la estructura productiva de determinada zona geográfica.

Metodología y datos

Se parte de calcular los multiplicadores con respecto a la matriz de requerimientos directos, también llamada de coeficientes técnicos. La metodología se basa en la matriz de coeficientes técnicos nacional, calculada a partir de la matriz Insumo-Producto nacional para el 2010. Posteriormente se regionaliza dicha matriz de coeficientes técnicos, se estiman los multiplicadores y se obtienen los eslabonamientos hacia adelante y hacia atrás para el departamento.

En principio, se requiere construir la MIP la cual debe ser simétrica tipo actividad-actividad. Por lo tanto, a partir de la MIP nacional del 2010 se procede mediante el uso de ponderaciones por cada actividad económica regional, teniendo en cuenta el tamaño relativo de cada sector para realizar análisis de sensibilidad del producto global ante cambios en la demanda de cada rama de actividad, lo cual se sugiere en Yotopoulos y Nugent (1973), Jones (1976) y Laumas (1976). Además, dada la escasa disponibilidad de información para Boyacá se recurrió a la técnica de medición ya mencionada.

Se consideran las 33 ramas de actividad económica definidas por el DANE para la



presentación de las cuentas departamentales.⁵

Regionalización: Matriz de Coeficientes Técnicos

En principio, se acude a los coeficientes de localización (LQ). La propuesta parte de que los coeficientes técnicos regionales (a_{ij}^R) derivados de los nacionales (a_{ij}^N) generan un efecto multiplicativo dentro del comercio regional (Jensen, Mandeville y Karunaratne, 1979). La compra de insumos a otras regiones del país, causan una salida doméstica, ya que no se satisface la demanda con producción local. Por tal motivo, se incurre mediante métodos de estimación indirectos para ajustar el análisis de insumo-producto regional con respecto a la información nacional., se tiene:

$$a_{ij}^R = LQ * a_{ij}^N \quad (4)$$

El subíndice i denota la industria como vendedor de insumos y j la industria compradora. Si la región exporta y es autosostenible en su producción, se supone que la tecnología usada por la industria es la misma en entornos regionales y nacionales.

LQ atiende a tres aspectos –el tamaño parcial del sector i - el tamaño parcial del sector j y -el tamaño parcial de la región. La versión ajustada del coeficiente FLQ de Flegg y Webber (1997) es el único que cumple con estos aspectos.

Posteriormente, el tamaño parcial o relativo se estima por medio de datos de producción o empleo, en este sentido, se toman datos

de producción procedentes de las cuentas nacionales del DANE de 2010 para Boyacá. En primer lugar, se captura la producción regional/nacional (x_i^R/x_i^N), para el sector i ; en seguida, se recoge la producción regional/nacional (x_j^R/x_j^N) para el sector j , donde x^R y x^N corresponden a la producción regional total y producción nacional total.

De modo que se construye el coeficiente localización simple (SLQ_i) y el coeficiente de localización interindustrial ($CILQ_{ij}$).

$$SLQ_i = \frac{x_i^R}{x_i^N} \quad (5)$$

$$CILQ_{ij} = \frac{SLQ_i}{SLQ_j} \quad (6)$$

SLQ validan el aporte de la industria de una región con la contribución de la misma industria correspondiente al total del país y $CILQ$ mide la importancia relativa de la industria oferente con respecto a la industria compradora en el caso regional. A continuación, se ajusta la definición de FLQ_{ij} a:

$$FLQ_{ij} = CILQ_{ij} \quad (7)$$

$$FLQ_{ij} = SLQ_i * \lambda \quad si \quad i \neq j$$

$$FLQ_{ij} = SLQ_i * \lambda \quad si \quad i = j \quad (8)$$

Donde:

5 Ramas de actividad en Boyacá para el año 2010 (Anexo 1)

$$\lambda = \left[\log_2 \left(1 + \frac{x^R}{x^N} \right) \right]^\delta \quad (9)$$

El parámetro λ denota la corrección de ajuste con el propósito de evitar que el peso de la producción en la región según sus industrias sea sobrestimado. Por lo tanto, 0,3 es el valor para las estimaciones referentes a las investigaciones previas.

Construcción de multiplicadores

Multiplicador de producción

El cálculo para cada sector según el multiplicador de producto (MP) se realiza sumando sobre las columnas de la matriz inversa de Leontief. El multiplicador permite analizar el grado de interdependencia estructural entre cada sector frente al resto de actividades económicas, cabe aclarar que, al analizar los impactos, los multiplicadores de ingreso y de empleo son de suma utilidad.

$$MP_j = \sum_{i=1}^n (I - A)^{-1} \quad (10)$$

Multiplicador de empleo

Se construyen dos multiplicadores. El tipo I se denota discriminando el sector de consumo de los hogares de la matriz, además se define como el cociente de requisitos de empleo directo e indirecto sobre el coeficiente de requisitos de empleos directos para cada sector. Por otro lado, el tipo II corresponde al cociente del coeficiente de requisitos de empleos directos, indirectos e inducidos sobre el coeficiente de requisitos de empleos directos.

Ahora, con respecto al tipo I, se desagregan los datos sobre trabajadores por sector en

Boyacá, donde se utilizó la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) del DANE para 2010 como fuente del número de ocupados en el departamento. Con la información obtenida, se calcula el vector de coeficientes de requisitos de empleo directo (E) correspondiente a un vector $1 \times n$, donde cada e_i indica los trabajadores requeridos por unidad de valor bruto de producción del sector i .

El vector de coeficientes de requisitos de empleos directos e indirectos (L_1) es el resultado de premultiplicar el vector E por la matriz inversa de Leontief:

$$L_1 = E (I - A)^{-1} \quad (11)$$

La obtención del multiplicador tipo I de empleo para cada industria se da a partir de tomar el elemento resultante del vector y posteriormente se procede a dividir con el coeficiente correspondiente al vector E .

Luego, se amplía al multiplicador tipo II al estimar un modelo extendido de insumo-producto, adicionando el consumo familiar dentro de la matriz de coeficientes técnicos asumiendo una función de consumo agregado keynesiana, cabe recordar que se encuentra en función del ingreso disponible y consumo autónomo, expresando (2) como:

$$X = (I - N)^{-1} Y \quad (12)$$

En este caso $(I - N)^{-1}$ se denomina matriz inversa de Leontief ampliada, N una matriz de dimensiones $n \times n$, igual a $A + \alpha \varepsilon \gamma$. α^2 es un escalar que denota la propensión marginal a consumir, ε como vector $n \times 1$ expresa así la participación del consumo en el sector i dentro del consumo total y Y



como vector $1 \times n$ que explica la proporción del ingreso disponible de los hogares en el sector i , a su vez, se relaciona al valor bruto de la producción del sector o también conocido como coeficiente directo de ingreso.

Con el fin de recoger mejor el comportamiento del consumo en Boyacá, el vector ε se premultipló por el vector que recoge el peso del sector i dentro del PIB del departamento.

Por último, el vector de coeficientes de requisitos de empleos directos, indirectos e inducidos (L_1) es el resultado de premultiplicar el vector E por la matriz inversa de Leontief ampliada. Para la obtención del multiplicador tipo II de empleo para cada industria, finalmente cada elemento del vector resultante es dividido por el coeficiente en el vector E .

$$L_2 = E (I - N)^{-1} \quad (13)$$

Multiplicador de ingreso

El multiplicador de ingreso se estima de manera similar al empleo, excepto que los coeficientes directos de ingreso sustituyen los coeficientes de empleo.

El multiplicador tipo I se calcula premultiplicando el vector γ por la matriz inversa de Leontief, obteniéndose así el vector de coeficientes directos e indirectos de ingreso (P_1). Por lo tanto, se obtiene el multiplicador tipo I de ingreso para cada industria al tomar cada elemento del vector (P_1) dividido por el coeficiente en el vector γ

$$P_1 = \gamma (I - A)^{-1} \quad (14)$$

Por otra parte, al considerar el multiplicador tipo II, se incrementa la matriz inversa de Leontief similar al multiplicador de empleo tipo II. El vector de coeficientes directos, indirectos e inducidos de ingreso (P_2). En este sentido, el cociente entre los coeficientes directos, indirectos e inducidos y los coeficientes directos de ingreso permiten encontrar el multiplicador tipo II.

$$P_2 = \gamma (I - N)^{-1} \quad (15)$$

Eslabonamientos

Uno de los análisis que permite el modelo Insumo-Producto es la determinación de los sectores clave de una economía, a partir de la definición de eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante. En esta sección, se completa el análisis Insumo-Producto identificando aquellos sectores clave dentro del departamento de Boyacá, empleando el método de extracción hipotética desarrollado por Sonis et al. (1995). Este método descompone la matriz de coeficientes técnicos, de modo que separa un sector, para analizar qué sucedería en la economía ante la ausencia de este. Se tiene que:

$$\begin{aligned} A &= \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & A_{rr} \end{pmatrix} & (16) \\ &= \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ A_{rj} & 0 \end{pmatrix} \\ &+ \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{pmatrix} \\ &= A_j + A_r \end{aligned}$$

Donde la matriz A_j representa al sector j aislado, y la matriz A_r representa al resto



de la economía. Como se mencionó antes, si asumimos que la inversa de Leontief es:

$$L = (I - A)^{-1} \quad (17)$$

Entonces se puede mostrar que cada descomposición aditiva de la matriz de coeficientes técnicos A puede ser convertida en dos descomposiciones multiplicativas alternativas de la inversa de Leontief:

$$\begin{aligned} L &= P_2 P_1 & (18) \\ L &= P_1 P_3 & (19) \end{aligned}$$

Donde:

$$P_1 = (I - A_r)^{-1} \quad (20)$$

$$P_2 = (I - P_1 A_j)^{-1} \quad (21)$$

$$P_3 = (I - A_j P_1)^{-1} \quad (22)$$

Así mismo, P_2 muestra el impacto directo e indirecto que la demanda de insumos del sector tendrá sobre toda la economía $P_1 A_j$. P_3 Revela cuál será el valor del impacto en el sector j generado por las necesidades directas e indirectas del resto de la economía.

Matricialmente, tenemos que (18):

$$\begin{aligned} L & & (23) \\ &= \begin{pmatrix} \aleph_j & \aleph_j A_{jr} \\ \Delta_r A_{rj} \aleph_j & I + \Delta_r A_{rj} \aleph_j A_{jr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix} \\ \text{Donde} & & (24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \aleph_j &= (I - A_{jj} - A_{jr} \Delta_r \\ &\quad - A_{rj})^{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta_r = (I - A_{rr})^{-1} \quad (25)$$

De (23), descomponiendo P_2 :

$$P_2 & & (26)$$

$$= \begin{pmatrix} I & 0 \\ \Delta_r A_{rj} & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \aleph_j & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & A_{jr} \\ 0 & I \end{pmatrix}$$

$$\text{Donde} \quad (27)$$

$$P_2 = (I - B_j)^{-1}$$

$$\text{Y:} \quad (28)$$

$$B_j = P_1 A_j = \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \\ \Delta_r A_{rj} & 0 \end{pmatrix}$$

Finalmente, de (28) se obtiene la ecuación para los eslabonamientos hacia atrás:

$$PBL = i_{rr}^T \Delta_r A_{rj} q_{jj} \quad (29)$$

Donde q_{jj} es el valor de la producción total en el sector j e i_{rr}^T es el transpuesto de un vector unitario.

Para los eslabonamientos hacia adelante, expresando (19) en forma matricial:

$$\begin{aligned} L & & (29) \\ &= \begin{pmatrix} I & 0 \\ 0 & \Delta_r \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \aleph_j & \aleph_j A_{jr} \Delta_r \\ \Delta_r A_{rj} \aleph_j & I + A_{rj} \aleph_j A_{jr} \Delta_r \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Descomponiendo para P_3 :

$$P_3 & & (30)$$

$$= \begin{pmatrix} I & 0 \\ A_{rj} & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \aleph_j & 0 \\ 0 & I \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I & A_{jr} \Delta_r \\ 0 & I \end{pmatrix}$$

$$\text{Donde} \quad (31)$$

$$P_3 = (I - F_j)^{-1}$$



Y: (32)

$$F_j = A_j P_1 = \begin{pmatrix} A_{jj} & A_{jr} \Delta_r \\ A_{rj} & 0 \end{pmatrix}$$

Finalmente, de (32) se obtiene la ecuación para los eslabonamientos hacia adelante:

$$PFL = A_{jr} \Delta_r q_{rr} \quad (33)$$

Donde q_{rr} es un vector columna de la producción total de cada sector de la economía.

Si se quiere saber el valor total de los eslabonamientos que tiene un sector particular, entonces:

$$PTL = PBL + PFL \quad (34)$$

De acuerdo a los valores obtenidos en (29) y (33), y teniendo en cuenta la clasificación hecha por Chenery y Watanabe (1958), se pueden tipificar los distintos sectores de la economía de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de los sectores de la economía

	PBL < Promedio(PBL)	PBL > Promedio(PBL)
PFL < promedio (PFL)	Sector independiente	Sector impulsor
PFL > promedio (PFL)	Sector base	Sector clave

Fuente: Chenery y Watanabe (1958)



Resultados y discusión

Resultados

Los resultados encontrados para la economía boyacense se podrían clasificar como heterogéneos, pues no hay un sector como tal que prime en el análisis de los tres multiplicadores como se puede observar en la figura 1. Para el caso del producto, se encontraron importantes multiplicadores en el sector de animales vivos y productos animales, siendo este sector también catalogado como impulsor en el análisis de eslabonamientos puros de Sonis.

En términos monetarios, por cada aumento de un peso en la demanda final de esta rama, se genera una producción con valor de 1.69 pesos en toda la economía. También es destacable el rendimiento del sector agrícola no cafetero, ratificando la vocación agraria del departamento, siendo este también un

sector impulsor según la clasificación de Chenery y Watanabe. En términos monetarios, al aumentar la demanda final en un peso del sector agrícola no cafetero, se genera una producción en toda la economía de 1.58 pesos.

Este resultado no sorprende, si tomamos en cuenta que el peso de la agricultura y la ganadería representaron aproximadamente el 15 % del PIB departamental en 2010. También son altos los multiplicadores de sectores como el de minerales no metálicos y prestación de energía eléctrica, siendo catalogados estos sectores como impulsor e independiente, respectivamente.

Pasando al análisis del empleo, el sector de energía eléctrica emerge como el más importante, siendo capaz de crear 3.16 trabajos por cada empleo directo generado debido a una mayor demanda final de su producto,

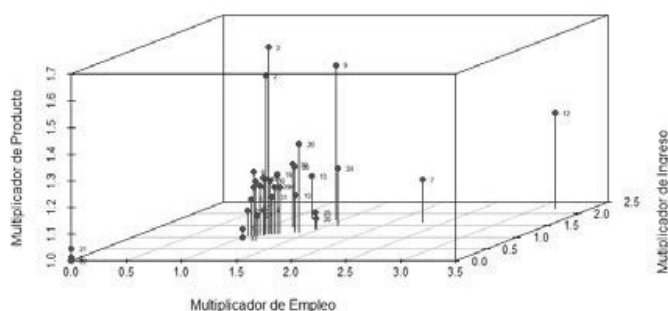
resultado que contrasta con su clasificación como sector independiente dentro de la economía boyacense. También es destacable el desempeño del sector petrolero y gas natural, siendo capaz de crear 2.29 trabajos por cada empleo directo generado debido a una mayor demanda final del producto de este sector; este sector aparece como impulsor de acuerdo a la clasificación de Chenery.

Por último, los resultados en cuanto a ingreso muestran los mayores impactos en los sectores de energía eléctrica (sector in-

dependiente), gas domiciliario (sector independiente) y minerales no metálicos (sector impulsor). Los hogares vinculados a estos sectores sentirán los mayores efectos en términos de ingreso debido a incrementos en la demanda final de sus sectores.

Hay que anotar que el resultado del multiplicador de ingreso y el de empleo tienen una correlación positiva del 90 % aproximadamente como se observa en la tabla 2, lo que quiere decir que estos dos multiplicadores se mueven en la misma dirección.

Figura 1. Multiplicadores de Producto, Empleo e Ingreso



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Correlación de multiplicadores

	MULTIPLICADOR DE PRODUCTO	MULTIPLICADOR DE INGRESO	MULTIPLICADOR DE EMPLEO
MULTIPLICADOR DE PRODUCTO	1.0000		
MULTIPLICADOR DE INGRESO	0.4236 (0.0140)	1.0000	
MULTIPLICADOR DE EMPLEO	0.3472 (0.0477)	0.9063 (0.0000***)	1.0000

Fuente: Elaboración propia

Encadenamientos

La tipificación sectorial cuatripartita de Chenery-Watanabe establece:

Sectores base: de alto encadenamiento hacia adelante y bajo hacia atrás. Son sectores cuya demanda de insumos es pequeña y cuya producción primaria es de destino intermedio, con tendencia a abastecer de insumos a

otros sectores y a canalizar una menor parte del producto al mercado como bien final (*sectores de producción primaria intermedia*).

Sectores clave: de alto encadenamiento hacia adelante y hacia atrás. Son fuertes demandantes de insumos intermedios; asimismo, son fuertes oferentes de productos intermedios. Son sectores de paso obligado de los flujos sectoriales de la economía regional (*sectores de manufactura intermedia*). Son grandes demandantes y oferentes de insumos intermedios, por lo que, se dice, son paso obligado de los flujos sectoriales de toda la economía.

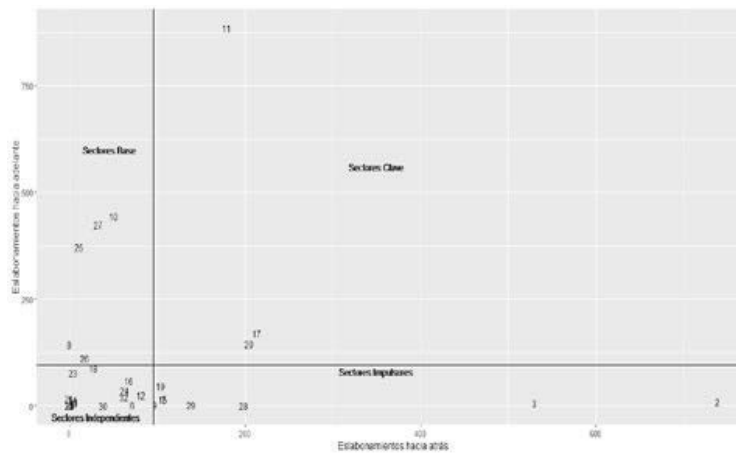
Sectores impulsores: de bajo encadenamiento hacia adelante y alto hacia atrás. Son sectores que muestran un consumo intermedio elevado, mientras que su oferta de productos irá principalmente hacia los consumidores finales (*sectores de manufactura final*). Son fuertes demandantes de insumos intermedios, principalmente regionales, y por tanto tienen grandes posibilidades de arrastrar e inducir el crecimiento económico.

Sectores independientes: de bajo encadenamiento hacia adelante y hacia atrás. Son sectores que consumen una cantidad poco significativa de insumos y que, respecto a la distribución, dedican sus productos principalmente a satisfacer la demanda final (*sectores independientes*).

Un sector base se caracteriza por servir de *input* a otras industrias, mientras que una rama impulsora arrastra grandes demandas de insumos intermedios incidiendo en mayor cuantía sobre el crecimiento económico. Por su parte, los sectores clave destacan por estar presentes en todo el flujo económico soportados por la amplia demanda y oferta que hacen de insumos intermedios.

En general, partiendo de la hipótesis de una posible correlación entre sectores clave e impulsores, y desarrollo económico, el apoyo que se brinde a estos sectores será de relevancia para el mejoramiento del bienestar dentro del departamento. La clasificación sectorial para la economía boyacense se puede observar la figura 2 y en forma más detallada en el anexo 2.

Figura 2. Clasificación de los sectores de la economía en Boyacá



Fuente: Elaboración propia con base en Chenery y Watanabe (1958)

Conclusiones

Bajos multiplicadores en la mayoría de las ramas lo cual demuestra la baja diversificación de la economía y atraso respecto a otros departamentos. Se encuentra poca integración de la economía, esto se denota por la cantidad exagerada de sectores independientes y los insipientes sectores clave.

Se propone para mitigar esta situación, se deberían tomar medidas tales como aumentar la inversión en aquellos sectores que resulten importantes para el progreso de la economía, específicamente los sectores clave e impulsores. Con el objetivo de diversificarlos y que tengan impactos positivos en el resto de la estructura económica. Una mejora en infraestructura vial y de comunicaciones contribuirán a hacer la economía más competitiva, ayudando a integrar los distintos sectores, además que ya sea por reducción de costos o porque especialmente el sector de transporte por carretera emerge como un sector clave que “conecta” actividades de diferentes ramas productivas.

Referencias

- Bakhtiari, S., & Dehghanizadeh, M. (2012). Proposing a new version of location quotients for estimating regional input-output coefficients: A case study of Iran's Yazd province. *African Journal of Business Management*, 6903-6909.
- Banguero, H., Duque, H., Garizado, P., & Parra, D. (2006). *Estimación de la matriz Insumo-Producto simétrica para Valle del Cauca - Año 1994*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente, Grupo de Investigación Economía y Desarrollo.
- Bourque, P. J., Chambers, E. J., Chiu, J., Denman, F., Dowdle, B., Gordon, G., . . . Weeks, E. (1967). The Washington economy: An input-output study. *Business Studies*.
- Chenery, H. B., & Watanabe, T. (1958). International comparisons of the structure of production. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 487-521.
- Czamanski, S. (1969). Applicability and limitations in the use of national input-output tables for regional studies. *Papers of the Regional Science Association*, 65-77.
- Emerson, M. J. (1969). The interindustry structure of the Kansas economy. *Office of Economic Analysis*.
- Flegg, A. T., & Webber, C. D. (1997). On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables: reply. *Regional studies*, 795-805.
- Flegg, A., & Tohmo, T. (2013). Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland. *Regional Studies*, 703-721.
- Flegg, A., Mastronardi, L., & Romero, C. (2016). Evaluating the FLQ and AFLQ formulae for estimating regional input coefficients: empirical evidence for the province of Córdoba, Argentina. *Economic Systems Research*, 21-37.
- Hernández, G. (2012). MATRICES INSUMO-PRODUCTO Y ANÁLISIS DE MULTIPLICADORES: UNA APLICACIÓN PARA COLOMBIA. *Revista de Economía Institucional*, 203-221.
- Isard, W. (1951). Interregional and regional input-output analysis: a model of a space-economy. *The review of Economics and Statistics*, 318-328.



- Isard, W., & Kuenne, R. E. (1953). The impact of steel upon the greater new york-philadelphia industrial region. *The Review of Economics and Statistics*, 289–301.
- Jensen, R. C., Mandeville, T. D., & Karunaratne, N. D. (1979). *Regional economic planning: Generation of regional input-output analysis*. Londres: Croom Helm .
- Laumas, P. S. (308-312). The weighting problem in testing the linkage hypothesis. *The Quarterly Journal of Economics*, 1976.
- Leontief, W. (1953). Interregional Theory. En W. Leontief, H. C. Chenery, J. Duesenberry, A. Fergusson, R. Grosse, M. Holzman, ... H. Kistin, *Studies in the Structure of the American Economy* (págs. 93-115). New York: Oxford University Press.
- Leroy, J. (1976). Measurement of hirschmanian linkages. *The quarterly journal of economics*, 323-333.
- McNicoll, I., & Baird, R. (1980). Empirical applications of regional input-output analysis: A case study of shetland. *Journal of the Operational Research Society*, 983–991.
- Miernyk, W. (1970). *Simulating Regional Economic Development: An Interindustry Analysis of the West Virginia Economy*. California: Heath Lexington Books.
- Miller, R. E. (1957). The impact of the aluminum industry on the pacific northwest: A regional input-output analysis. *The Review of Economics and Statistics*, 200–209.
- Morrison, W. I., & Smith, P. (1974). Nonsurvey input-output techniques at the small area level: An evaluation. *Journal of Regional Science*, 1–14.
- Ramos, J. L., Polo, J. L., & Arrieta, A. (2017). Análisis insumo-producto y la inversión pública: una aplicación para el Caribe colombiano. *Cuadernos de Economía*, 137-167.
- Rasmussen, P. (1956). *Studies in Inter-Sectoral Relations*. Amsterdam: North-Holland.
- Richardson, H. W. (1985). Input-output and economic base multipliers: Looking backward and forward. *Journal of Regional science*, 607–661.
- Round, J. I. (1978). An interregional input-output approach to the evaluation of nonsurvey methods. *Journal of regional science*, 179–194.
- Schaffer, W. A., & Chu, K. (1969). Nonsurvey techniques for constructing regional interindustry models. *Papers of the Regional Science Association*, 83–101.
- Shen, T. (1960). An input-output table with regional weights. *Papers in Regional Science*, 113–119.
- Sonis, M., Guilhoto, J., Hewings, G., & Martins, E. (1995). Linkages, key sectors and structural change: some new perspectives. *The Developing Economies*, 233-270.
- Villa, G., & Giraldo, S. (2014). *La economía de Medellín vista desde sus indicadores económicos intersectoriales*. Medellín: Banco de la República.
- Yotopoulos, P. A., & Nugent, J. B. (1973). A balanced-growth version of the linkage hypothesis: a test. *The Quarterly Journal of Economics*, 157-171.



Anexo 1: Ramas de actividad

Código	Productos	Sector
1	Productos de café	I
2	Otros productos agrícolas	IM
3	Animales vivos, productos animales y productos de la caza	IM
4	Productos de silvicultura, extracción de madera y actividades conexas	I
5	Productos de la pesca, la acuicultura y servicios relacionados	I
6	Carbón mineral	I
7	Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio	IM
8	Minerales metálicos	B
9	Minerales no metálicos	IM
10	Alimentos, bebidas y tabaco	B
11	Resto de la industria	C
12	Energía eléctrica	I
13	Gas domiciliario	I
14	Agua	I
15	Trabajos de construcción, construcción y reparación de edificaciones y servicios de arrendamiento de equipo con operario	IM
16	Trabajos de construcción, construcción de obras civiles y servicios de arrendamiento de equipo con operario	I
17	Comercio	C
18	Servicios de reparación de automotores, de artículos personales y domésticos	I
19	Servicios de alojamiento, suministro de comidas y bebidas	IM
20	Servicios de transporte terrestre	C
21	Servicios de transporte por vía acuática	I
22	Servicios de transporte por vía aérea	I
23	Servicios complementarios y auxiliares al transporte	I
24	Servicios de correos y telecomunicaciones	I
25	Servicios de intermediación financiera, de seguros y servicios conexos	B
26	Servicios inmobiliarios y de alquiler de vivienda	B
27	Servicios a las empresas excepto servicios financieros e inmobiliarios	B
28	Administración pública y defensa; dirección, administración y control del sistema de seguridad social	IM
29	Servicios de enseñanza	IM
30	Servicios sociales y de salud de mercado	I
31	Servicios de alcantarillado y eliminación de desperdicios, saneamiento y otros servicios de protección del medio ambiente	I
32	Servicios de asociación y esparcimiento	I
33	Servicios domésticos	I



Anexo 2:

Ramas de actividad, Eslabonamientos en miles de millones de pesos de 2010 (I: Sector Independiente, IM: Sector impulsor, B: Sector base, C: Sector clave) y multiplicadores

Código	Sector	Producción de- partamental	Eslabonamientos hacia atrás	Eslabonamientos hacia adelante	Eslabonamientos puros totales	Multiplicador empleo 2	Multiplicador ingreso2	Multiplicador DE PRODUCTO
1	I	36	1.161195261	16.09253291	17.2572817	1.001411465	1.00423222	1.032257291
2	IM	1383	738.1190317	9.155480508	747.2745122	1.112441922	1.17975027	1.589730509
3	IM	850	529.7862488	7.287965955	537.0742148	1.158872439	1.14172895	1.69833929
4	I	27	3.582079132	2.412284282	5.994363414	1.063589593	1.073811	1.179569136
5	I	15	1.781450764	1.729039744	3.510490507	1.048168945	1.05696124	1.137895735
6	I	309	71.19226804	1.991072669	73.18334071	1.077913181	1.04772106	1.240785902
7	IM	1368	107.678677	13.70456837	121.3832453	2.290474139	1.63078366	1.16069207
8	B	6	0.072407474	143.606848	143.6792555	0	0	1.012329979
9	IM	174	97.70626378	1.701805283	99.40806906	1.443447001	1.73584801	1.580225901
10	B	518	50.52266403	443.858861	494.381525	1.298781219	1.33809122	1.126730381
11	C	1363	179.2757595	884.3715681	1063.647308	1.139832394	1.12589299	1.209885631
12	I	608	81.05646325	25.34643274	106.402896	3.168689197	2.22489773	1.357218819
13	I	32	5.018281339	9.981465652	14.99974699	1.18890887	1.79972293	1.156988104
14	I	38	3.517286003	13.73768619	17.25497219	1.141653637	1.10744329	1.093994641
15	IM	504	106.4027214	16.58433596	122.9870574	1.131515638	1.10400718	1.21286317
16	I	401	67.5383683	59.02539212	126.5637604	1.24262508	1.17884056	1.172556491
17	C	1090	213.448272	169.2597084	382.7079804	1.070071384	1.09188057	1.200382108
18	I	151	27.44489393	88.83940699	116.2843009	1.099988488	1.10918724	1.184513601
19	IM	464	103.5306404	46.51507553	150.0457159	1.241489208	1.13373098	1.2246466553
20	C	624	204.7074952	145.6991577	350.406653	1.398761445	1.20988573	1.330898071
21	I	2	0.074259798	16.87416733	16.94842713	0	0	1.04539387
22	I	0	0	0	0	0	0	1
23	I	45	4.098839157	77.76926253	81.86810168	1.021292784	1.04707538	1.095630939
24	I	340	62.74068239	36.18581937	98.92650176	1.586844417	1.51612115	1.212228625
25	B	259	11.30898172	371.1646024	382.4735841	1.474369684	1.35059265	1.060495365
26	B	453	16.99308276	110.8775031	127.8705858	1.471968392	1.36167312	1.03857934
27	B	572	32.72295584	424.5406005	457.2635564	1.09652062	1.07410693	1.07500676
28	IM	807	198.6147596	0	198.6147596	1.36431448	1.19668844	1.246114944
29	IM	796	138.3266952	1.265198239	139.5918934	1.219424336	1.13853985	1.175920375
30	I	333	38.11996757	0.387633102	38.50760067	1.159380187	1.16632706	1.198618479
31	I	34	4.760758642	6.045985045	10.80674369	1.201059161	1.13009089	1.140740117
32	I	307	62.21844829	19.78264882	82.00109711	1.225759638	1.41713782	1.237458521
33	I	55	0	0	0	1	1	1