

Aspectos metodológicos para la estimación (actualización) de la matriz de insumo-producto de México 2014 (AMIPM_2014)

Aspectos metodológicos para a estimativa (atualização) da matriz de entradas-saídas do México 2014 (AMIPM_2014)

DOI:10.34117/bjdv8n12-116

Recebimento dos originais: 04/11/2022

Aceitação para publicação: 12/12/2022

Santiago Marquina Benítez

Doctorado en Modelización Económica Aplicada por la Universidad Autónoma de Madrid, España

Institución: Unidad Académica de Economía-Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección: Carretera Cayaco Puerto Marques, S/N, Ejido Llano Largo, Parcela 57, C.P. 39900, Acapulco, Guerrero, México

Correo electrónico: smb.0763@gmail.com

Octaviano Juarez Romero

Doctorado en Ciencias Matemáticas por la Universidad de La Habana, Cuba

Institución: Unidad Académica de Matemáticas-Universidad Autónoma de Guerrero

Dirección: Calle Carlos E Adame, No. 54, Col. La Garita, C. P. 39650, Acapulco, Guerrero, México

Correo electrónico: octavianojuarez.33@gmail.com

RESUMEN

Una matriz de insumo-producto (MIP) es un esquema contable en el cual se representa el flujo de los bienes y servicios entre los distintos agentes que participan en la actividad económica, ya sea como productores de bienes y servicios o como consumidores. La MIP de un país, estado, municipio o región determinada es uno de los instrumentos más útiles para el análisis global y, a su vez, pormenorizado por rama productiva del contexto económico. Una limitante muy significativa de esta herramienta estadística corresponde a su disponibilidad en el espacio y tiempo. La MIP es posible actualizarla a un año de referencia mediante la producción obtenida, la información específica de demanda y consumos intermedios y con el empleo de los coeficientes y multiplicadores de un año base. Para la actualización de la MIP existe el método directo y los métodos indirectos. Los métodos indirectos son los menos costosos en términos económicos, uno de estos es el método RAS. En el presente trabajo se hace una revisión de los fundamentos y supuestos del método RAS en su versión básica, el cual es utilizado para la actualización de la Matriz de Insumo-producto de México para el año de 2014, tomando como punto de partida la MIP de México de 2008. Para realizar la actualización de la MIP de 2014 se programa el método RAS en el paquete estadístico R.

Palabras clave: actualización de matriz de insumo-producto, modelo de insumo-producto, método RAS básico.

RESUMO

Uma matriz input-output (IPM) é um esquema contábil no qual o fluxo de bens e serviços entre os diferentes agentes envolvidos na atividade econômica, seja como produtores de

bens e serviços ou como consumidores, é representado. O IPM de um determinado país, estado, município ou região é um dos instrumentos mais úteis para uma análise global e, ao mesmo tempo, uma análise detalhada por ramo produtivo do contexto econômico. Uma limitação muito significativa desta ferramenta estatística corresponde a sua disponibilidade no espaço e no tempo. O IPM pode ser atualizado para um ano de referência por meio da produção obtida, das informações específicas sobre demanda e consumo intermediário e utilizando os coeficientes e multiplicadores de um ano base. Para a atualização do IPM, há o método direto e os métodos indiretos. Os métodos indiretos são os menos custosos em termos econômicos, um dos quais é o método RAS. Este documento revisa os fundamentos e suposições da versão básica do método RAS, que é usado para atualizar a Matriz de Entrada/Saída mexicana para 2014, tomando como ponto de partida o IPM mexicano de 2008. Para atualizar o IPM 2014, o método RAS está programado no pacote estatístico R.

Palavras-chave: atualização da matriz de entrada-saída, modelo de entrada-saída, método RAS básico.

1 ANTECEDENTES

1.1 LA MATRIZ NACIONAL DE INSUMO-PRODUCTO (MIP)

Una MIP es un esquema contable en el cual se representa el flujo de los bienes y servicios entre los distintos agentes que participan en la actividad económica, ya sea como productores de bienes y servicios o como consumidores. En ella se concentran los principales agregados que caracterizan una economía, así como su composición sectorial. La base estadística del análisis de insumo-producto radica en la denominada matriz de transacciones intersectoriales para México, agregada a 19 sectores para el año 2008.

En el país la elaboración de las MIP se originó en los años 50. A nivel nacional se cuenta con matrices de insumo-producto oficiales para los años 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 2003, 2008 y la del 2012 que es una actualización de la MIP-2008. La de 1950 fue elaborada mediante el método directo (*full-survey method*) por el Banco de México, Nacional financiera y la Secretaría de Hacienda y Economía, y publicada en 1958. La de 1960, realizada por el Banco de México, fue publicada en 1966. La de 1970 fue construida usando información censal. Las de 1975, 1978 y 1980 mediante un procedimiento indirecto (*partial-survey method*); es decir, no se hizo en su totalidad a partir de la información estadística directa censal, sino que se apoyó parcialmente en la aplicación del método **RAS**.

La elaboración de la tabla de 1978 se basó, por un lado, en las de 1970 y 1975 y en la información de valor agregado (VAB), valor bruto de producción (VBP), consumo intermedio (CI) y demanda final (DF) del Sistema de Cuentas Nacionales correspondiente

a 1978; por otro lado, en la información exógena para las ramas con especial trascendencia, ya sea por su comportamiento tradicional o por el alto dinamismo experimentado en el periodo.¹

En lo que respecta a la MIP de 1980 es una actualización temporal de la MIP-1975. Aunque se debe señalar que a diferencia de la actualización efectuada para la MIP-1978, para el caso de la MIP-1980 se contó con información directa más abundante, proveniente del Censo de Población y Vivienda y de los censos económicos de 1980. Por lo que, las estimaciones directas cubren alrededor de 80% de las celdas del cuadrante de demanda intermedia de la matriz de transacciones, habiéndose utilizado el método **RAS** de actualización únicamente para estimar las celdas restantes.²

La MIP-1980, además de constituir la base para la estimación de la serie de cuentas nacionales de dicho año en adelante, sirvió de base al INEGI para la actualización de la MIP-1985.³ Con la preparación de la MIP-1985 por el INEGI, una empresa de consultoría privada (CIESA: STAT MATRIX) ha llevado a cabo estimaciones por medio de métodos indirectos (matemáticos y por el **RAS**) una serie de matrices de insumo-producto de carácter nacional para los años de 1990, 1993, 1996 y más recientemente, para el año 2000. En lo concerniente a las matrices simétricas del 2003 y 2008 fueron elaboradas por INEGI utilizando información directa emanada de los SCNM-2003 y SCNM-2008 respectivamente. Por último, la MIP-2012 es una actualización desarrollada con el método RAS e información correspondiente al año 2012 elaborada por INEGI tomando como base la MIP-2008.

2 MARCO CONCEPTUAL

La matriz de coeficientes técnicos es la base de partida para realizar el análisis de insumo-producto (input-output) en un espacio-tiempo determinado. Esto es, debido a que la MIP refleja todo un cumulo de relaciones intersectoriales de una economía de un determinado país o espacio geográfico del cual se trate y es posible actualizarla mediante la producción obtenida al año de referencia, en este caso 2014, asociadas a información específica de demanda y consumos intermedios, con el empleo de los coeficientes y multiplicadores de la base 2008. En las siguientes secciones se presenta primeramente la parte teórica de la MIP, seguido del procedimiento para llevar a cabo la actualización.

¹ Véase SPP/ PNUD (1983).

² Véase SPP/ PNUD (1986), Presentación, S.P.

³ Véase INEGI, 1992.

2.1 DEFINICIÓN FORMAL: EL MODELO INPUT-OUTPUT

2.1.1 Introducción

La historia del análisis Input-Output data del año de 1936, cuando Wassily Leontief publica en “The Review of Economic and Statistics” sus primeros trabajos cuantificados sobre las relaciones productivas intersectoriales en Estados Unidos. Casi paralelamente y siguiendo una metodología “input-output” entre los años de 1935 y 1937, Jan Tinbergen publicaba sus primeros resultados relativos a la modelización econométrica aplicada de una economía nacional, la de los Países Bajos con el apoyo recibido en su momento por Lawrence R. Klein y la Wharton School que sirven de inspiración hoy en día a los más completos modelos econométricos nacionales.

Aunque es en la década de 1940-1950, cuando Leontief, con el apoyo indiscutible de Richard Stone y del Cambridge Growth Project definen el funcionamiento de “los modelos de equilibrio general calculable”⁴. Diseña y perfecciona un sistema de cuentas globales para medir la actividad económica de una nación o país, estos modelos fueron aceptados y adoptados por la Organización de las Naciones Unidas, los cuales se han venido perfeccionando a través de reuniones y acuerdos internacionales.

La definición del modelo de acuerdo a Leontief (1973) se establece como: “El método input-output constituye una adaptación de la teoría neoclásica del equilibrio general al estudio de la interdependencia cuantitativa que existe entre aquellas actividades económicas que guardan entre sí una relación recíproca”. En esta definición cabe señalar tres aspectos importantes:

- En primer término, se trata de un método de equilibrio general puesto que se basa en el análisis de la interdependencia de la actividad productiva de las industrias que conforman o constituyen una economía. Esta interdependencia surge como consecuencia de que cada una de esas industrias utiliza como inputs, el output de alguna de las otras industrias y su output es empleado a su vez por éstas como factor productivo.
- En segundo lugar, es un método de análisis eminentemente empírico. Como indica Baumol (1972): “Esto es lo que primeramente lo distingue del trabajo de Walras y de los teóricos posteriores del equilibrio general”. Este compromiso empírico obliga a una simplificación mayor y a limitar el tipo de fenómenos que pueden explicarse.

⁴ Antonio Pulido y Emilio Fontela: “Análisis Input-Output: modelo, datos y aplicaciones”, Ed. Pirámide. España, 1993.

- En tercer lugar, es un modelo que presta casi exclusivamente atención a la producción no formulando ninguna hipótesis de comportamiento acerca de los elementos que componen la demanda final.

Estos son los rasgos básicos del método input-output como modelo teórico. A continuación veremos la dimensión contable del método input-output que no conviene perder de vista.

2.1.2 Concepto de Tabla Input-Output

Las tablas input-output son tablas de doble entrada que muestran toda la complejidad de las interrelaciones de bienes y servicios de un determinado espacio económico. El punto de arranque para una mejor comprensión de la tabla input-output consiste en considerar que la economía de un determinado espacio territorial puede describirse como el resultado del funcionamiento de n sectores económicos interrelacionados entre sí.

El funcionamiento queda reflejado en una serie de identidades contables en las cuales se indica, por una parte, el destino de la producción de cada sector y, por otra parte, la aplicación (empleo) que se hace del valor de dicha producción. En cuanto al destino de la producción de cada sector, dicha producción puede venderse en el mercado como producto intermedio o como producto final. Como producto intermedio se vende a otros sectores para que éstos lo utilicen en su proceso productivo. Como producto final puede venderse a los residentes como bienes de consumo, como bienes de inversión a los empresarios residentes o como bienes de consumo (o inversión) al sector público. También puede venderse a los no residentes (exportaciones fuera del espacio territorial bajo consideración).

Por lo que, el destino de la producción del sector i -ésimo puede denotarse en forma de la siguiente expresión matemática:

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i \quad (1)$$

X_i : valor de la producción del sector i -ésimo,

X_{ij} : valor de la producción del sector i -ésimo vende al sector j -ésimo,

C_i : valor de la producción del sector i -ésimo vendida como bien de consumo a los residentes,

I_i : valor de la producción del sector i -ésimo vendida como bien de inversión a los empresarios

residentes,

G_i = valor de la producción del sector i -ésimo vendida al sector público,

E_i = valor de la producción del sector i -ésimo exportada fuera del espacio territorial bajo consideración

Como se puede apreciar en la expresión (1) se tienen que distinguir dos tipos de ventas de la producción de cada sector, una como producto intermedio a otros sectores productivos y la otra como producto final a los sectores de demanda final. Esto es:

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + \mathbf{DF}_i \quad (2)$$

Donde:

$$\mathbf{DF}_i = C_i + I_i + G_i + E_i$$

En lo que respecta a la aplicación (empleo) del valor de la producción, cada sector empleará el mismo para comprar productos intermedios a otros sectores, con el fin de utilizarlos como inputs en su proceso productivo, y para pagar los otros gastos originados en su proceso de producción: sueldos y seguridad social, amortizaciones, impuestos menos subvenciones y beneficios, así como para importar productos del exterior. Por lo que el empleo que el sector j -ésimo hace de su valor de producción puede representarse de la forma siguiente:

$$X_j = X_{1j} + X_{2j} + \dots + X_{nj} + S_j + B_j + A_j + (T_j - S_{bj}) + M_j \quad (3)$$

Siendo:

X_j : valor de la producción del sector j -ésimo,

X_{ij} : valor de la producción que el sector j -ésimo compra al sector i -ésimo (o lo que es igual,

valor de la producción que el sector i -ésimo vende al sector j -ésimo).

S_j : costos en salarios y seguridad social del sector j -ésimo.

B_j : beneficios del sector j -ésimo.

A_j : amortizaciones del sector j -ésimo.

T_j : impuestos del sector j -ésimo.

Sb_j : subvenciones del sector j-ésimo.

M_j : valor de la producción que el sector j-ésimo compra fuera de la región.

O bien:

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

Donde:

$$IP_j = S_j + B_j + A_j + T_j - Sb_j + M_j$$

Podemos ver, por otro lado, que el valor añadido bruto (VAB) del sector j-ésimo es igual a:

$$VAB_j = S_j + B_j + A_j + (T_j - Sb_j) \quad (5)$$

Y, por lo tanto, desde 4 y 5:

$$VAB_j = X_j - \sum_{i=1}^n X_{ij} - M_j \quad (6)$$

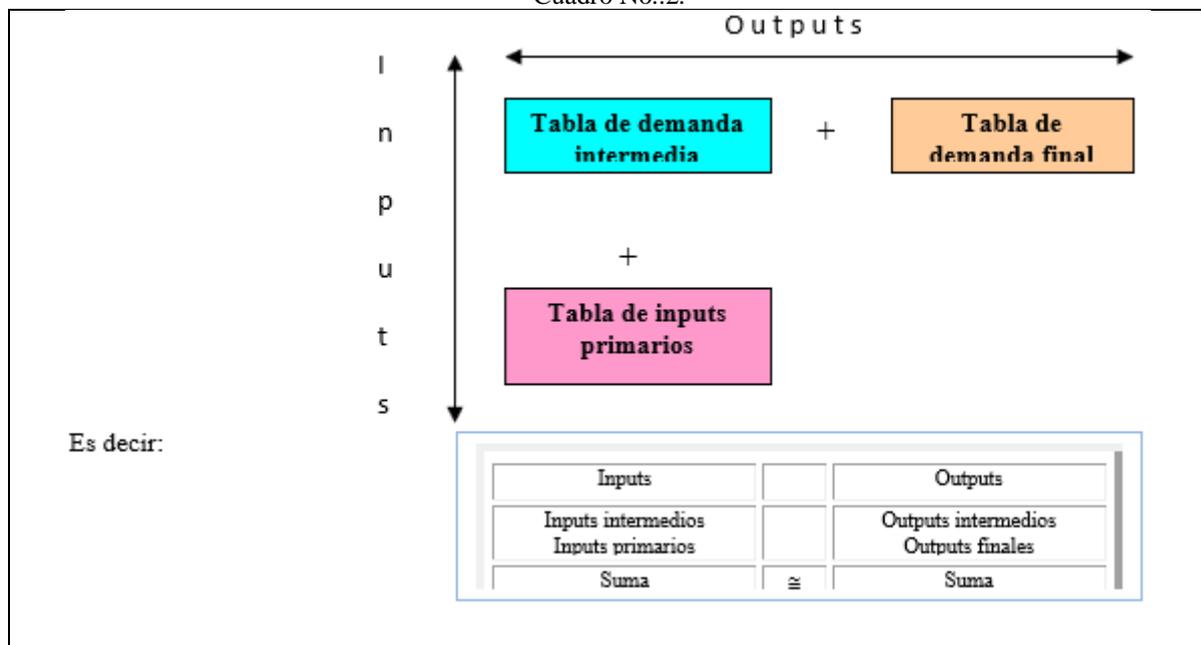
Esto es, el VAB de un sector es igual al valor de la producción de dicho sector menos las compras que realiza a los otros sectores productivos residentes y las compras que efectúa del exterior (importaciones). La representación gráfica de la tabla input-output se presenta en el cuadro No.1. Dicha tabla puede ser dividida en tres tablas parciales que, esquemáticamente, responden a la estructura gráfica que se presenta en el cuadro No.2.

Cuadro No.1. Representación gráfica de la tabla input-ouput.

Recursos	Empleos								
	Sector 1	Sector 2	Sector 3	..	Sector n	Consumo	Inversión	Gasto público	Exportaciones
Sector 1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	..	X_{1n}	C_1	I_1	G_1	E_1
Sector 2	X_{21}	X_{22}	X_{23}	..	X_{2n}	C_2	I_2	G_2	E_2
Sector 3	X_{31}	X_{32}	X_{33}	..	X_{3n}	C_3	I_3	G_3	E_3

:	:	:	:	..	:	:	:	:	:
Sector n	X _{n1}	X _{n2}	X _{n3}	..	X _{nn}	C _n	I _n	G _n	E _n
Sueldos y salarios	S ₁	S ₂	S ₃	..	S _n				
Beneficios	B ₁	B ₂	B ₃	..	B _n				
Amortizaciones	A ₁	A ₂	A ₃	..	A _n				
Impuestos-Subvenciones	T ₁ - Sb ₁	T ₂ - Sb ₂	T ₃ - Sb ₃	..	T _n - Sb _n				
Importaciones	M ₁	M ₂	M ₃	..	M _n				

Cuadro No..2.



Las expresiones (1) y (3) componen identidades contables definidas en el hecho de que se cumplirá necesariamente el que toda la producción llevada a cabo por un sector es destinada a cualquiera de los empleos descritos en líneas anteriores. Por lo que se cumple que:

Total Del Valor de Inputs Empleados por un Sector \cong Total del Valor de Outputs del Mismo Sector

Si se compara (2) y (3), se puede definir para cada sector:

$$\begin{aligned}
 X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} + DF_1 &= X_{11} + X_{21} + \dots + X_{n1} + IP_1 \\
 X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} + DF_2 &= X_{11} + X_{22} + \dots + X_{n2} + IP_2 \\
 X_{31} + X_{32} + \dots + X_{3n} + DF_3 &= X_{11} + X_{23} + \dots + X_{n3} + IP_3
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

$$\begin{matrix} \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{nn} + DF_n = X_{1n} + X_{2n} + \dots + X_{nn} + IP_n \end{matrix}$$

Y puesto que los productos intermedios que fabrica un sector determinado en un periodo dado no tienen por qué ser iguales en cuanto a cuantía (valor) con los que adquiere, (en otras palabras, esto es, $X_{ij} \neq X_{ji}$, con $i \neq j$) el sistema de ecuaciones (7) no podría simplificarse. Si se considera la economía en su totalidad, sin embargo, los inputs intermedios se compensan exactamente con los outputs intermedios, puesto que a nivel agregado es incuestionable que la suma de ventas de todos los sectores será equivalente a la suma de compras de todos los sectores, pudiéndose denotar de la manera siguiente:

$$\sum_{i=1}^n DF_i = \sum_{i=1}^n IP_i \quad (8)$$

o en su defecto:

$$PIB = \sum C_i + \sum I_i + \sum G_i + \sum (E_i - M_i) \cong \sum S_i + \sum B_i + \sum A_i + \sum (T_i - S_b_i) = \sum VAB_i \quad (9)$$

La ecuación (9) se puede describir, diciendo que en una economía cualquiera, espacialmente localizada, y para un periodo de tiempo determinado, el conjunto de bienes finales producidos es absorbido exactamente por el valor añadido bruto de la misma en el proceso de producción.

2.1.3 El Modelo Input-Output Teórico

La ecuación (1), que como ya se mencionó es una identidad contable, resume el funcionamiento de la economía de un espacio territorial determinado. Como se sabe, una identidad contable no es un modelo explicativo, sino una descripción ex post del funcionamiento de una economía. Para poder convertir una identidad contable en un modelo explicativo es preciso considerar ciertos supuestos o hipótesis que nos indican cual es el comportamiento de los agentes que interactúan en la economía que se pretende analizar. Así, los supuestos que permitirán pasar del modelo input-output contable al modelo input-output explicativo (modelo input-output teórico) se refieren a:

- El tipo de función de producción
- La determinación de las variables endógenas y exógenas

En cuanto al primer supuesto, al tipo de función de producción considerado, este corresponde a coeficientes constantes, puesto 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 j , es decir:

$$X_{ij} = a_{ij} \cdot X_j \quad \text{con } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

o lo que es lo mismo:

$$X_j = \frac{X_{ij}}{a_{ij}} \quad \text{con } i, j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Donde a_{ij} , el llamado coeficiente técnico, es una constante que no se ve afectada por el nivel de producción. Como derivación inmediata en la función de producción considerada se cumple que la productividad marginal de cada factor es constante e igual a su productividad media, con rendimientos constantes.

En lo que corresponde al segundo supuesto, la diferenciación entre variables endógenas y exógenas es primordial empezar determinando el tipo y número de variables presentes en el modelo sintetizado en (1). En principio se tienen las siguientes variables:

- n variables que se refieren a las producciones de los sectores X_1, X_2, \dots, X_n ;
- n^2 -variables que se refieren a los inputs (outputs) intermedios $X_{11}, \dots, X_{1n}, \dots, X_{21}, \dots, X_{2n}, \dots, X_{n1}, \dots, X_{nn}$;
- $4n$ variables de demanda final $C_1, \dots, C_n, I_1, \dots, I_n, G_1, \dots, G_n, E_1, \dots, E_n$.

Por lo que el número de variables es $5n + n^2$. Y, como el número de relaciones es n , solamente podrán establecerse, dentro del modelo, n variables (variables endógenas), debiendo estar el resto establecidas fuera del modelo (variables exógenas). Pero sin embargo, atendiendo a la forma de la función de producción denotada en (11), se puede observar que se dispone de $n \cdot n$ nuevas relaciones. Así pues, tendríamos $n^2 + n$ relaciones y $n^2 + 5n$ variables, por lo que el número de variables exógenas debe de ser $4n$, que es precisamente el número de variables de demanda final, las cuales usualmente son las que se han considerado como exógenas, tomando como endógenas el resto.

Cabe señalar que frente a este criterio de endogenización existen otras alternativas. Se señala una que resulta especialmente interesante. La cual consiste en formular para la variable consumo de cada uno de los sectores una relación en la que dicho consumo queda

en función del VAB. En este caso se da entrada a n nuevas relaciones, con lo cual el número de variables exógenas será de $3n$: las variables de demanda final exceptuando las referidas al consumo.⁵

Realizadas estas consideraciones se puede ya concretar los supuestos del modelo input-output teórico:

- *Supuesto 1*: El funcionamiento de una economía se traduce en el valor de la producción de n sectores.
- *Supuesto 2*: La producción del sector i -ésimo se descompone en conformidad con la expresión (1), esto es:

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i$$

- *Supuesto 3*: El tipo de función de producción considerada será la que cumpla la expresión (11), o sea:

$$X_j = \frac{X_{ij}}{a_{ij}}$$

- *Supuesto 4*: Las variables endógenas serán las $n + n^2$ siguientes: X_i con $i = 1, 2, \dots, n$ y X_{ij} con $i, j = 1, 2, \dots, n$.
- *Supuesto 5*: Las variables exógenas serán las $4n$ siguientes: C_i, I_i, G_i, E_i , con $i = 1, 2, \dots, n$.

Los supuestos 4 y 5 pueden describirse alternativamente de la manera siguiente:

- *Supuesto 4'*: Las variables endógenas serán las $2n + n^2$ siguientes: X_i, C_i con $i = 1, 2, \dots, n$; y X_{ij} con $i, j = 1, 2, \dots, n$.
- *Supuesto 5'*: Las variables exógenas serán las $3n$ siguientes: I_i, G_i, E_i , con $i = 1, 2, \dots, n$.

A partir de los cinco primeros supuestos (tomando, por lo tanto, el primer nivel de endogenización, esto es, los consumos, como variables exógenas), podemos escribir:

⁵ Otros tipos de endogenizaciones pueden encontrarse en Menshikov (1975).

$$\begin{aligned}
 X_1 &= a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + C_1 + I_1 + G_1 + E_1 \\
 X_2 &= a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n + C_2 + I_2 + G_2 + E_2 \\
 X_3 &= a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + \dots + a_{3n}X_n + C_3 + I_3 + G_3 + E_3 \\
 &\vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \\
 &\vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \dots \quad \vdots \\
 X_n &= a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nn}X_n + C_n + I_n + G_n + E_n
 \end{aligned} \tag{12}$$

De manera compactada utilizando notación matricial el sistema anterior (12) se puede escribir de la siguiente forma:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{d} \tag{13}$$

donde \mathbf{x} es el vector de n elementos representativos de las producciones sectoriales, \mathbf{A} la matriz $n * n$ de coeficientes técnicos y \mathbf{d} el vector de demandas finales, que se puede denotar de manera matricial de la forma siguiente:

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}; \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{d} = \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ D_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_1 + I_1 + G_1 + E_1 \\ C_2 + I_2 + G_2 + E_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_n + I_n + G_n + E_n \end{pmatrix}$$

Tomando la expresión (13) se obtiene:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} * \mathbf{d} = \mathbf{B} * \mathbf{d} \tag{14}$$

La ecuación (14) recoge las producciones sectoriales que son las variables endógenas, en función de los componentes de demanda final que son las variables exógenas. A partir de esta ecuación se puede apreciar claramente cómo la producción de cada sector se ve afectada por las demandas finales ejercidas sobre cada uno de los n sectores considerados. Genéricamente, la variación que en el valor de la producción del sector i -ésimo se produce como consecuencia de la variación en la demanda final del sector j -ésimo está dada por la siguiente expresión:

$$b_{ij} = \frac{dX_i}{dD_j} \tag{15}$$

donde b_{ij} es el elemento de la fila i -ésima, columna j -ésima de la matriz $\mathbf{B} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$. Si se toma en cuenta ahora el segundo nivel de endogenización, o sea, si consideramos a los consumos como variables endógenas, esto es, si se reemplazan los supuestos 4 y 5 por $4'$ y $5'$, se deberá comenzar por formular las relaciones que explican el consumo de cada uno de los sectores. La hipótesis que se adopta ahora es que el consumo de un sector es una proporción constante del VAB total, es decir, se puede escribir:

$$C_i = k_i * \mathbf{I}'\mathbf{x} \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n. \quad (16)$$

Donde k_i es una constante que nos indica la proporción del VAB que se dedica al consumo del sector i -ésimo y \mathbf{I}' es un vector de n elementos l_1, l_2, \dots, l_n ; cada uno de los cuales indica, para cada sector, la proporción de VAB respecto a la producción total. Por lo tanto, $\mathbf{I}'\mathbf{x}$ es el VAB total del país. Los elementos que conforman la ecuación (16) se definen como sigue:

$$k_i = \frac{C_i}{VAB}$$

$$\mathbf{I}' = l_1, l_2, \dots, l_n$$

$$l_i = \frac{VAB_i}{X_i}$$

Podemos observar que la ecuación (16) puede representarse de manera más desagregada de la siguiente forma:

$$C_1 = k_1 (l_1, l_2, \dots, l_n) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

$$C_2 = k_2 (l_1, l_2, \dots, l_n) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$C_n = k_n (l_1, l_2, \dots, l_n) \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$$

O en su forma compacta:

$$\mathbf{c} = \mathbf{k} \mathbf{l}' \mathbf{x} = \mathbf{K} * \mathbf{x} \tag{17}$$

donde:

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix}; \quad \mathbf{k} = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_n \end{pmatrix}; \quad \mathbf{K} = \mathbf{k} * \mathbf{l}' = \begin{pmatrix} k_1 l_1 & k_1 l_2 & \dots & k_1 l_n \\ k_2 l_1 & k_2 l_2 & \dots & k_2 l_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ k_n l_1 & k_n l_2 & \dots & k_n l_n \end{pmatrix}$$

como consecuencia de la ecuación (17), el vector **d** es igual a:

$$\mathbf{d} = \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} I_1 + G_1 + E_1 \\ I_2 + G_2 + E_2 \\ \vdots \\ I_n + G_n + E_n \end{pmatrix} = \mathbf{c} + \mathbf{d}_c = \mathbf{K} \mathbf{x} + \mathbf{d}_c \tag{18}$$

donde **d_c** es el vector de demandas finales una vez sustraídos los consumos, es decir:

$$\mathbf{d}_c = \begin{pmatrix} I_1 + G_1 + E_1 \\ I_2 + G_2 + E_2 \\ \vdots \\ I_n + G_n + E_n \end{pmatrix}$$

si reemplazamos ahora la expresión (18) en la expresión (13) se tiene:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{K} \mathbf{x} + \mathbf{d}_c \tag{19}$$

y finalmente, desde la ecuación (19) se obtiene:

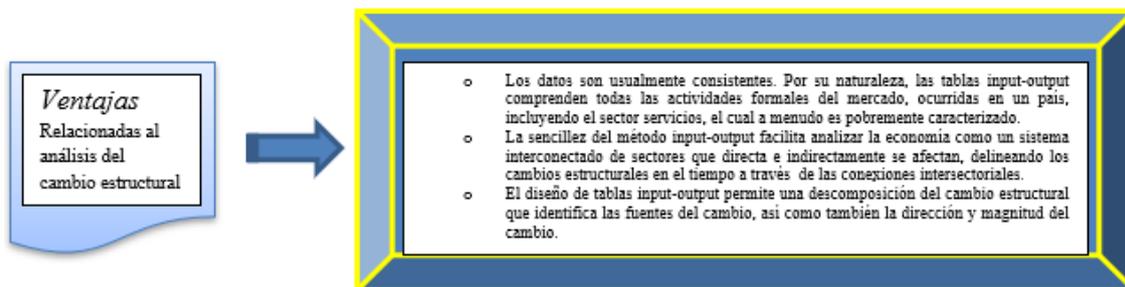
$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A} - \mathbf{K})^{-1} * \mathbf{d}_c = \mathbf{B}_c * \mathbf{d}_c \quad (20)$$

Es decir, las producciones sectoriales están ahora en función de las nuevas variables exógenas: las de demanda final salvo los consumos \mathbf{d}_c .

2.1.4 Aspectos Funcionales de los Modelos Input-Output

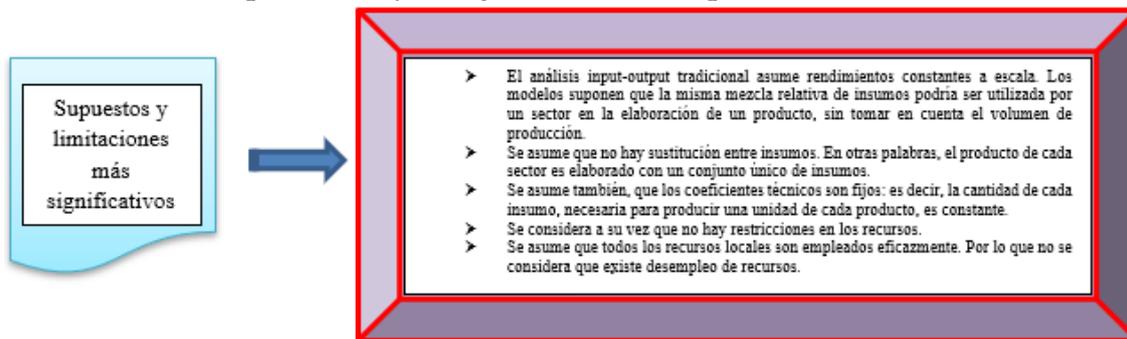
Los modelos input-output proporcionan una estructura consistente para describir y analizar no solamente las ventas y compras de todos los sectores de un país, sino también la magnitud de las fuerzas de interdependencia sectorial. Por ejemplo, puede utilizarse para exponer cómo las compras de determinado sector forman una cadena de transacciones en otros sectores dentro del país y fuera de este. La teoría económica básica, acentuada por los modelos input-output, se refiere a las relaciones de producción en la economía, es decir, a la estructura tecnológica de los sectores de producción, y reconoce ciertas ventajas y limitaciones de su aplicación. Ver figuras 1 y 2.

Figura No.1. Ventajas fundamentales del uso del MIP, especialmente relacionadas al análisis del cambio estructural



En términos generales, los modelos input-output permiten cierto grado de sagacidad en la manera en que los fenómenos macroeconómicos, tales como un cambio en el sector comercio, restaurantes y hoteles, o cambios en la demanda doméstica, corresponden a cambios microeconómicos cuando los sectores responden a las condiciones económicas cambiantes.

Figura No.2. Supuestos y limitaciones más significativos del MIP



2.2 METODOLOGÍA: ESTIMACIÓN DE LA MIPM-2014

2.2.1 Descripción del Esquema Global de Elaboración

2.2.1.1 Introducción

En este apartado se estima la matriz de insumo-producto de México (MIPM) o tabla input-output de México (TIOM) para el año 2014 a partir de la MIPM-2008 y desde el enfoque indirecto conocido como *partial survey method*, que se basa en el procedimiento tipo **RAS**, pero ajustado al tiempo y a la información exógena disponible de las transacciones intersectoriales, que nos proporciona las herramientas necesarias para actualizar la MIPM-2008 al año 2014.

La matriz de insumo-producto (MIP) de un país, estado, municipio o región determinada es uno de los instrumentos más útiles para el análisis global y, a su vez, pormenorizado (sectorial o por rama productiva) del contexto económico. Una limitante muy significativa de esta herramienta estadística corresponde a su disponibilidad en el espacio y tiempo. Por ejemplo, un aspecto fundamental dentro de los estudios de economía aplicada es el análisis del crecimiento (o cambio) que experimenta una economía, cuyo análisis podría ser perpetrado a partir de técnicas input-output (insumo-producto).

Es relevante recalcar que este planteamiento choca con la escasa disponibilidad de tablas de insumo-producto, sobre todo si lo que se requiere llevar a cabo es un análisis por región, así como también con el desfase de su publicación en el tiempo. La elaboración de una MIP no es un trabajo exento de complejidad, sino, todo lo contrario, requiere disponer tanto de una amplia información estadística como de un método que permita relacionar dicha información.

A este proceso se le llama método directo y conlleva al manejo de una gran cantidad de recursos económicos y tiempo. Por lo que, habitualmente podemos encontrar un desfase trascendental entre la fecha de publicación y el año de referencia de las

matrices. Un aspecto fundamental para evitar dichos desfases temporales, consiste en llevar a cabo una actualización de las tablas o matrices ya existentes, esgrimiendo algún método de aproximación que nos permita no solo reducir la información fuente requerida, sino que también, nos aporte unas estimaciones adecuadas.

Se trata pues, de usar un método indirecto para actualizar una MIP o TIO ya existente. Puesto que las Matrices de Insumo-Producto son fundamentales por su extenso potencial como herramienta para el estudio de una economía nacional o regional, los institutos y/o agencias de estadísticas en distintos países enfatizan su preocupación por elaborar MIP no solo a nivel nacional, sino también a nivel regional. Aunque sin embargo, espacios geográficos de menor superficie como podrían ser los estados o municipios, no disponen todavía en su generalidad de una matriz que permita analizar su estructura productiva.

De manera que, la aproximación de una MIP por métodos indirectos puede ser emprendida desde un doble enfoque, por un lado, como un problema de actualización de una matriz ya existente, y por otro, como un problema de regionalización, estimando una tabla regional a partir de una matriz de otra economía, con la cual debería mantener ciertas similitudes. Se pueden señalar dos grandes tendencias⁶ en el ajuste de los coeficientes de una matriz:

- ✚ El enfoque de programación matemática⁷ y,
- ✚ El enfoque de los métodos iterativos (dentro de los cuales haremos referencia al método RAS)⁸

En este trabajo nos ocuparemos de esta última, estimando los coeficientes input-output (insumo-producto) correspondientes a la MIPM de 2014, a partir de la MIPM de 2008.

⁶ Se hace mención únicamente a los métodos de ajuste clásicos dejando de lado la aportación de J. Pérez García (1997), el cual propone como técnica de ajuste alternativa el empleo de un sistema de ecuaciones simultáneas.

⁷ Estas técnicas pretenden minimizar las diferencias existentes entre una matriz conocida y la que se quiere obtener. Estas diferencias formarán la función objetivo que estará sometida a un conjunto de condiciones que debe verificar la nueva TIO estimada. Dentro las funciones objetivo que habitualmente son utilizadas se consideran las siguientes: la distancia euclídea, la distancia euclídea ponderada y la función objetivo que se deriva del test ji-cuadrada. (Un desarrollo más profundo del método se puede ver en M. Bacharach (1970) y en L. Barriga rincón (1992).

⁸ Véase Marquina, S. (2014).

2.2.2 Metodos de Ajuste de Coeficientes

Existe una variedad de técnicas no directas que permiten acometer este problema, por lo que la primera decisión que se debe afrontar es la de seleccionar el método que mejor se ajuste al objetivo en cuestión.

2.2.2.1 Metodos Iterativos

Dentro de las variantes más conocidas según el tipo de restricciones se encuentran: **RAS** Básico ò Estándar (Stone 1963), Ras Ampliado de Allen y Lecomber (1975); Ras Ampliado de Hitz y Schmid (1978); Ras con funciones cuadráticas de Bachem y Korte (1979), **RAS** con funciones cuadráticas de Morrison y Thumann (1980). En nuestro caso, nos hemos decidido por aplicar el método **RAS** Básico⁹ debido esto a las siguientes consideraciones: El método que fue desarrollado en el departamento de Economía Aplicada de la Universidad de Cambridge (Inglaterra), por el premio Nobel de Economía Richard Stone a principio de la década de los sesenta. Se trata de la aproximación más robusta desde un enfoque teórico (Bacharach, 1970), no obstante, presenta algunas limitaciones.

Los resultados alcanzados en numerosos estudios empíricos tienden a reafirmar la técnica **RAS** como la que proporciona resultados más cercanos a los métodos directos. Para profundizar más en esta aseveración se remite, entre otros, a Malizia y Bond (1974), Round (1978), Pedreño (1986), y Alvarez (2001).

En el presente trabajo el método **RAS** en su versión estándar o básica será utilizada como un instrumento de estimación, para la actualización de la Matriz de Insumo-producto de México para el año de 2014, tomando como punto de partida la MIP de México de 2008.

2.2.3 El Metodo ras Basico Como Instrumento de Ajuste para la Actualización de la Matriz Insumo-Producto (Input-Output) en Mexico

En economía, como en cualquier otra rama de las ciencias sociales, la información estadística directa e indirecta que se genere y se apege más a la realidad tenderá a producir resultados más reales y precisos, lo que coadyuvara a facilitar al analista y al

⁹ El método que fue creado en las ciencias experimentales, es una traslación de la teoría de ajuste de matrices con restricciones hacia la estimación de matrices de insumo-producto. Esta adaptación fue utilizada primeramente como técnica de actualización de la matriz de transacciones intermedias. Posteriormente, fue reorientada hacia la proyección espacial para así estimar tablas de insumo-producto regionales a partir de una TIO nacional determinada.

tomador de decisiones la elección que crea más factible acorde al fenómeno que se esté tratando.

Es así, como la captura, y la actualización de grandes bases de datos y fuentes informativas se convierten en elementos fundamentales, puesto que, los resultados y decisiones señaladas dependen básicamente de estos procesos. Un inconveniente con el cual nos enfrentamos principalmente es el alto costo, tanto monetario como tecnológico. Para dar solución a estos problemas, en algunas partes del mundo se han desarrollado herramientas matemáticas y estadísticas que nos permiten obtener resultados más confiables, con lo cual la representación a través de estos modelos matemáticos y estadísticos de la realidad es más clara y concisa. La MIP como lo establece el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) es una representación de las relaciones formales entre sectores, que proporciona información sobre los resultados de política económica y en general cualquier tipo de evento significativo que impacte en oferta y demanda de una economía.

Algunas de las ventajas que la MIP nos proporciona son:

- ✚ Brinda una descripción pormenorizada del trayecto que siguen los bienes y servicios hasta llegar a la demanda final.
- ✚ Permite evaluar impactos directos e indirectos en la producción como resultado de cambios en la demanda final.
- ✚ También nos auxilia en la proyección del comercio exterior, análisis de precios y costos, energía y medio ambiente, así como fines necesariamente estadísticos de contabilidad nacional.

Como se puede observar, la MIP proporciona información relevante para la toma de decisiones en el ámbito nacional y en términos generales de política económica, en este sentido y como cabe suponer, la actualización o generación de matrices de insumo-producto es una ardua tarea que INEGI como organismo responsable de la elaboración de las estadísticas en el país tiene por adelante. La última matriz que se generó fue en el año de 2008 por el INEGI la cual posteriormente actualizo hasta el año 2012. Y como podemos suponer, está ya no es tan útil, puesto que la economía de ese periodo es totalmente diferente a la economía de estos tiempos. En este sentido existe el método denominado **RAS**, que actualiza esta matriz para cierto periodo de tiempo.

Desde la década de los sesenta, el método **RAS**, propuesto por Leontief y desarrollado por R. Stone (Stone, R. 1963) viene esgrimiéndose con reiterada continuidad para la actualización de la matriz intersectorial, varios años después, desde 1969, dicho

método haría prolongable su función como herramienta de regionalización, con el fin de alcanzar una mayor aproximación a la estructura íterindustrial de una región o subespació nacional.

Una corroboración de la internacionalización del método **RAS** lo constituye el hecho de que desde 1974 las Naciones Unidas, en sus publicaciones periódicas sobre “Estudios de Métodos” (Naciones Unidas, 1974) vienen recomendando esta herramienta para el ajuste o puesta al día de los coeficientes técnicos como complemento a la disponibilidad anual de las Cuentas Nacionales.

Si bien es cierto que este método cuenta con claras restricciones, las cuales ya han sido recopiladas y señaladas por Pedreño, A. (1983 y 1984), su pertinaz aceptación y recomendación queda argumentada por los formidables avances procedentes de las numerosas revisiones empíricas de esta técnica. De esta manera, las investigaciones pioneras de Paelinck, J. y Waelbrook, J. (1963), Schneider, H. (1965), Michelini, C. y Robinson, J. (1971), Allen, R. (1974), imputan a la actualización de los coeficientes y para las predicciones del output efectuadas considerable ventaja en términos comparativos. Como señala Allen, G. (1975), el método **RAS** es el “más practicable y el que más ampliamente ha sido adoptado”.

Está comprobada popularidad del método **RAS** contrasta con la poca literatura en torno al tema existente en nuestro país en relación a métodos de ajuste o proyección de coeficientes insumo-producto en general. Sin embargo, la necesidad de disponer de MIP actualizadas ha tenido su reflejo inevitable en nuestro país con la aparición de algunos intentos de deducción indirecta de las tablas o matrices a partir de otras previamente existentes elaboradas por métodos <<survey>> (se pueden citar las TIO-1990, TIO-1995, TIO-2003¹⁰ y la TIO-2012, así como las tablas estatales de Jalisco 1990, 1993 y 1997, Baja California Sur, Nuevo León y Tabasco, así como la Matriz Insumo-Producto Regional de Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit, etc.). Por lo que, cabe señalar que el importante desfase temporal de las tablas existentes en México constituyen un elemento fundamental en la desincentivación de gran parte de las iniciativas de investigación, planificación e intentos de predicción en general, en el terreno de la economía aplicada, teniendo como base los modelos insumo-producto.

¹⁰ Marquina, S. (2014). “Comparación y articulación interna de la actividad económica del sector turístico a partir de la Matriz de Insumo-Producto Turística de México (MIPTM-2003) basada en el enfoque de Cuenta Satélite del Turismo (C S T)”. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid., España.

2.2.3.1 El ajuste temporal RAS

El ajuste **RAS** para las matrices íterindustriales ha sido empleado pródigamente desde un doble enfoque:

✦ Originariamente establecida como técnica de actualización temporal por Stone, su consideración aquí nos reporta una alternativa perfectamente aplicable al problema planteado: la deducción de la matriz intersectorial de la TIO de México de 2014 a partir de la MIP de México de 2008 y el Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM) referida al año 2014¹¹.

✦ Ulteriormente (Czamanski, S. y Malizia, E. 1969) esta técnica ha venido siendo usada persistentemente para la estimación nombrada “semi-survey” de tablas insumo-producto (input-output) regionales a partir de una tabla nacional y mediante disponibilidad así mismo de la Contabilidad Regional sectorizada.

En la presente sección nos ocuparemos de la actualización de la MIP o TIO de México (2014) a través del SCNM-2014. Anticipadamente a ello es necesario formalizar algunas consideraciones.

Los fundamentos teóricos de los métodos biproporcionales, plantea el problema de ajuste en los siguientes términos: ajustar una matriz **S** (cuyos términos son s_{ij}) a los márgenes de una matriz **M** cuyos márgenes son m_i y m_j) en orden a obtener una matriz **X** (con elementos X_{ij}). Mesnard (1989).

El método biproporcional sintético de ajuste llamado **RAS**, en el marco del análisis insumo-producto, parte de una matriz de transacciones intersectoriales **Z**⁰ y de un vector de producción efectiva **w**⁰ que conjuntamente permiten definir la matriz **A**⁰ de coeficientes técnicos. El proceso de ajuste residirá en calcular una nueva matriz **A**^{0*} que, siendo la más semejante posible a la matriz original de coeficientes técnicos **A**⁰ cumpla con la nueva información disponible; usualmente vislumbrará un nuevo vector de producción **w**¹, así como los nuevos márgenes de la matriz **Z**, (de transacciones íterindustriales inicial) y de z_i , z_j , que habitualmente se denotan como vectores **u** y **v** (columna – renglón, respectivamente). Para ilustrar la aplicación del método **RAS**, y siguiendo en gran medida la metodología propuesta por Pulido, A. y Fontela, E. (1993), se hace imprescindible la siguiente información para el periodo t_{final} :

¹¹ Se consideran cifras preliminares aportadas por INEGI

$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} \quad \text{con} \quad u_i = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n X_{1j} \\ \sum_{j=1}^n X_{2j} \\ \vdots \\ \sum_{j=1}^n X_{nj} \end{pmatrix} = \sum_{j=1}^n z_{ij}$$

$$\mathbf{v} = \left(\sum_{i=1}^n X_{i1}, \sum_{i=1}^n X_{i2}, \dots, \sum_{i=1}^n X_{in} \right) = (v_1, v_2, \dots, v_n) = \sum_{i=1}^n z_{ij} \quad \text{y}$$

$\mathbf{w} = (w_1, w_2, \dots, w_n) = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, la producción efectiva.

Es decir, que \mathbf{u} es el output total o sea, es el vector de sumas de las filas de los consumos intermedios recientes, \mathbf{v} es el input total o el vector de sumas de sus columnas y \mathbf{w} denota la producción de cada sector económico. De acuerdo con el método **RAS**, se lleva a cabo el siguiente proceso iterativo, para actualizar los valores de la matriz:

- i) Se obtiene primeramente el vector:

$$u^1 = [A(0)\hat{w}(1)]\mathbf{1}$$

donde $A(0)$ es la matriz original de coeficientes técnicos, $\hat{w}(1)$ es el vector de producción efectiva diagonalizado y $\mathbf{1}$ es un vector formado por unos.

- ii) Se calcula la primera matriz diagonal r^1 con los coeficientes corrientes dados por filas como:

$$r^1 = [\hat{u}(1)][\hat{u}^1]^{-1}$$

donde $\hat{u}(1)$ es el vector diagonalizado que reúne las sumas de los coeficientes por filas.

- iii) Se obtiene ahora la matriz de coeficientes corregida $A^1 = r^1 A(0)$ que deberá cumplir la restricción impuesta por filas:

$$A^1 \hat{w}(1) \mathbf{1} = (r^1 A(0) \hat{w}(1)) \mathbf{1} = u(1)$$

- iv) Obtendremos ahora la primera estimación del total de consumos intermedios por columnas v^1 , con la matriz ajustada A^1 :

$$v^1 = \mathbf{1}' (A^1 \hat{w}(1))$$

v) Se establece la primera matriz diagonal de coeficientes correctores por columnas s^1 :

$$s^1 = [\hat{v}(1)] [\hat{v}^1]^{-1}$$

donde $\hat{v}(1)$, representa el vector diagonalizado de las sumas por columnas.

vi) De la expresión anterior se obtiene la matriz de coeficientes corregida por columnas:

$A^2 = A^1 s^1$. Dicha matriz tendrá ahora que cumplir la siguiente restricción por columnas:

$$\mathbf{1}' (A^2 \hat{w}(1)) = v^1$$

vii) Deduciremos, del mismo modo, las nuevas matrices corregidas, efectuando las iteraciones siguientes por filas:

viii)

$$u^2 = (A^2 \hat{w}(1)) \mathbf{1}, \dots, u^h = (A^{2h-2} \hat{w}(1)) \mathbf{1}$$

estableciéndose los siguientes vectores correctores:

$$r^2 = [\hat{u}(1)] [\hat{u}^2]^{-1}, \dots, r^h = [\hat{u}(1)] [\hat{u}^h]^{-1}$$

obteniéndose, por consiguiente, las siguientes matrices corregidas:

$$A^3 = r^2 A^2 = r^2 r^1 A(0) s^1, \dots, A^{2h-1} = r^h A^{2h-2} = r^h r^{h-1} \dots A(0) s^1 \dots s^{h-1}$$

De la misma forma se obtendrán las correcciones por columnas, estimándose ahora los nuevos inputs totales:

$$v^2 = \mathbf{1}' (A^3 \hat{w}(1)), \dots, v^h = \mathbf{1}' (A^{2h-1} \hat{w}(1))$$

Por consiguiente, se alcanzan los coeficientes correctores por columnas:

$$s^2 = [\hat{v}(1)][\hat{v}^2]^{-1}, \dots, s^h = [\hat{v}(1)][\hat{v}^h]^{-1}$$

Ahora obtendremos las matrices ajustadas por columnas de la forma siguiente:

$$A^4 = A^3 s^2 = r^2 r^1 A(0) s^1 s^2, \dots, A^{2h} = A^{2h-1} s^h = r^h r^{h-1} \dots r^1 A(0) s^1 \dots s^{h-1} s^h$$

ix) El proceso termina cuando la matriz final ajustada:

$$A^k(1) = \prod_{i=1}^k r^i A(0) \prod_{i=1}^k s^i$$

verifica con el suficiente grado de exactitud que, componente a componente:

$$u(1) = [A^k(1)\hat{w}(1)]\mathbf{1} \quad \text{y} \quad v(1) = \mathbf{1}' [A^k(1)\hat{w}(1)]$$

Conforme a esta técnica se puede dilucidar que los factores r ajustan cada una de las columnas para tomar en consideración el efecto de sustitución; es por esto que, son llamados factores de sustitución. Dado que se utiliza una r diferente para cada coeficiente en una columna, éstas cambian las proporciones en las cuales se emplean los distintos insumos. Los vectores s , en contraste, son acreditados como factores de fabricación, porque siempre cambian las proporciones en que se utilizan los insumos intermedios y primarios, para la producción de bienes y servicios.

Resumiendo, para llevar a cabo el primer objetivo esgrimido en párrafos anteriores de esta misma sección (enfoque 1) el proceso seguido ha consistido llanamente en la convergencia de la suma de las filas y columnas de la matriz intersectorial mexicana de 2008 a los valores de la demanda intermedia y de los inputs intermedios, vectores que se han obtenido a partir del SCNM de 2014, sin entrar en las posibilidades adicionales que hubiese reportado el hecho de disponer de una matriz híbrida con elementos X_{ij} correspondientes al año básico 2008 y algunos otros estimados independientemente y referidos al año 2014. Finalmente, podemos expresar de manera formal y en forma compacta el método utilizado el cual quedaría como a continuación se ilustra:

$$\begin{aligned} (X_{ij})^{2014} &= \hat{R}(X_{ij})^{2008} \hat{S} \\ Z^{2014} &= \hat{R}(X_{ij})^{2008} S \\ W^{2014} &= \hat{R}(X_{ij})^{2008} \hat{S} \end{aligned}$$

$(X_{ij})^{2014}$ = Matriz de flujos intersectoriales de la economía de México estimada, correspondiente al año 2014.

$(X_{ij})^{2008}$ = Matriz de flujos intersectoriales de la economía de México original, elaborada por métodos directos correspondientes al año 2008.

$Z^{2014} = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$ = Vector del total de outputs intermedios de la economía mexicana, cuyos elementos:

$$Z_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{para } 2014)$$

$W^{2014} = (W_1, \dots, W_j, \dots, W_n)$: Vector del total de inputs intermedios de la economía mexicana cuyos elementos:

$$W_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad \text{con } i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{para } 2014)$$

R vector o \hat{R} : Matriz diagonal de los <<multiplicadores de sustitución>>.

S vector o \hat{S} : Matriz diagonal de los <<multiplicadores de fabricación>>.

2.2.3.2 Hipótesis general y el contenido económico del RAS

La hipótesis sobre la cual se basa el método **RAS** es la relación de biproporcionalidad entre la matriz de coeficientes técnicos originales A^0 y la matriz final o desconocida A^{0*} : $\hat{a}_{ij} = r_i a_{ij} s_j$, que denotada de manera matricial será $A^{0*} = \hat{R}A\hat{S}$.

El método **RAS** resulta de una hipótesis relativa a la evolución de los coeficientes técnicos a través del tiempo. Evolución que se debe a los siguientes tres factores:

- ☀ Cambios en la asignación de los productos (*efecto sustitución*). El efecto sustitución evalúa el grado en que un producto ha sido sustituido por algún otro como insumo en una determinada actividad económica. O sea, se refieren a la

aparición de sustitutos como inputs de producción. Este efecto, que aparece recogido en el factor r_i , es medido por la cuantía en que un input de un sector ha sido reemplazado por inputs pertenecientes a otros sectores. En cualquier caso, este efecto opera uniformemente a lo largo de las filas de la matriz y podría ser, en gran parte, provocado por cambios en los precios relativos.

✱ *El efecto tecnológico o fabricación:* Este mide el grado en el cual, en la fabricación de cierto bien o producto, se han sustituido insumos físicos por insumos primarios. Dicho de otra forma, este se refiere a la alteración en la proporción de inputs intermedios en el total de recursos disponibles de un sector. Dicho efecto, que emerge recogido en el coeficiente s_j , responde al cambio en el empleo de inputs intermedios en la fabricación del output de un sector. Se transmite uniformemente a través de las columnas de la matriz y podría ser, en buena medida, incitado por una innovación tecnológica en el proceso productivo.

✱ *La variación o diferencia en los precios:* Las distorsiones resultantes de los cambios en los precios relativos pueden ser subsanadas exógenamente, por la vía de la deflatación implícita, mecanismo que exige una excelente información sobre índices de variación de precios sectoriales¹².

De acuerdo a lo antes expuesto, se pretende mostrar una interpretación económica del método **RAS**. Sin embargo, algunos autores como Lecomber (1975) y Miernyk (1977), critican esta posibilidad argumentando que, dicho método se basa en unos supuestos iniciales que no son válidos, ya que no representan correctamente la realidad económica y, por lo tanto, sólo puede ser considerado como una mera herramienta matemática de estimación de parámetros input-output.

Por el contrario, existen autores como por ejemplo, Dietzembacher (1998), que considera que, esta no es razón suficiente para abandonar la interpretación económica subyacente al método **RAS**, la no aproximación a la realidad sólo supone que, se deberían tener en cuenta otros supuestos para mejorar el modelo, pero no tiene por qué invalidar los supuestos planteados y su interpretación.

Para finalizar, la matriz A_{ij} , de coeficientes técnicos, debe ser actualizada en función de estos dos efectos: el de sustitución r_i , y de transformación s_j . Conceptos y

¹² En el SCN se calculan a precios básicos (A_{pb}) que corresponde al precio del productor sin impuestos, a precios productor (A_{pp}) correspondiente a los precios básicos más los impuestos netos de subvenciones sobre los productos, a precios del usuario (A_{pu}) que corresponden a los precios de mercado de los bienes y servicios.

terminología que fundamentan tanto la hipótesis de sustentación, como el origen de la denominación del método.

$$r_i * A_{ij} * s_j$$

2.2.4 Aspectos Metodológicos: Marco General del Estudio e Información Estadística Manejada

Una vez señaladas algunas de las principales técnicas de ajuste de coeficientes insumo-producto, el paso siguiente será proceder a su aplicación a través de la información con la que se dispone. El enfoque metodológico **RAS**, plantea los siguientes requerimientos en términos de información básica:

- ✱ Matriz de consumos intermedios nacionales de referencia A^0 ;
- ✱ Los vectores de consumo intermedio fila y columna de la nueva matriz de consumos intermedios a estimar¹³.
- ✱ La producción bruta correspondiente a la matriz a estimar.

Puesto que no existe una matriz insumo-producto más actual (calculada con métodos directos) a la de 2008, para el caso (A^0) se tomara en cuenta como referencia la matriz de consumos intermedios nacional de 2008. *Vamos a suponer que las actividades productivas que se desarrollaban en México en 2008 poseen una estructura de costos más o menos similar a la de 2014*¹⁴. Aunque es cierto, que este supuesto incorpora un elemento de *sesgo* para la nueva matriz obtenida, debido esto, a que la estructura económica de México en el año base es diferente a la estructura productiva de nuestro tiempo (al combinar diferentes estructuras de producción).

El estudio lo que pretende es el de probar empíricamente la metodología **RAS** y definir una alternativa de tratamiento de la información básica nacional disponible para alimentar el modelo. Cabe recordar que tomamos como tabla inicial la MIP de México de

¹³ En torno a la estimación de los consumos intermedios agregados por filas (u), Tilanus (1966) plantea el modelo siguiente, conocidas las siguientes igualdades: (1) los consumos intermedios agregados por filas (u) se definen por diferencia entre los output totales (q) y la demanda final (d). O sea, $u = q - d$ (1); y (2) la igualdad $q = (I - A)^{-1} * d$ (2); donde $(I - A)^{-1}$ es la inversa de Leontief. Si ahora se sustituye (2) en (1) y haciendo algunas operaciones algebraicas se tiene: $u = \{ (I - A)^{-1} d - d \} = \{ (I - A)^{-1} - I \} d$.

¹⁴ Según Oscar Sierra, una propuesta que sería mucho muy interesante, aunque muy laboriosa, es la de actualizar la matriz año con año, o sea, actualizar de 2008 a 2009, de 2009 a 2010 y así sucesivamente hasta el 2014 o el año hasta donde se tenga información disponible. Lo que permitiría capturar aquellos escenarios que se presentaron año con año, con el propósito de aproximar la MIP a una que sea lo más semejante posible a las condiciones estructurales del año que se quiere actualizar.

2008¹⁵ y a partir de ella estimaremos la MIP de México de 2014. Como información complementaria se utilizarán los vectores de producción efectiva, de sumas de consumos intermedios por filas y columnas de la economía mexicana del año al que se va a actualizar.

El trabajo será menos laborioso, siempre y cuando, por un lado, se tenga la información elemental para su actualización, y por otro un programa computacional que sea potente para soportar grandes cantidades de cálculo. La aplicación del método en el área económica como se comentó podría resultar bastante tediosa y larga si estamos manejando matrices de datos de gran dimensión, y por ende si no contamos con un programa computacional que nos auxilie en esta tarea, los cálculos que requiere el **RAS** se ven más accesibles con el apoyo de programas como el R, S-PLUS, MATLAB, STATA, E-VIEWS o GAMS y algún programa estadístico que nos permita la manipulación de matrices. El tema que se afronta es la actualización de la Matriz de Insumo Producto (MIP) mediante el método **RAS** con el uso del programa **R** que es un programa estadístico de uso libre.

2.2.4.1 Programación del método RAS en “R”

Una vez que ya se hizo la exploración de cómo trabaja el método **RAS**, pasamos ahora a la programación en **R** de lo cual se comenta en seguida. Para la programación del método **RAS** nos decantamos por utilizar el **R** puesto que a pesar de que el MATLAB que es un lenguaje de programación específico de matrices y vectores, ya que, al efectuar los cálculos o iteraciones (100 iteraciones para nuestro caso) el tiempo es mucho más largo que si utilizamos el **R** el cual nos da los mismos resultados (con el mismo número de iteraciones) en menor tiempo. El **R** que es un programa estadístico también nos permite hacer uso del lenguaje de programación, así el programa soporta directamente las operaciones matriciales que requiere el método, y por otro lado nos proporciona la facilidad de la programación que nos ayuda a manejar los datos, en un solo lapso, sin la necesidad de hacerlo paso a paso.

El modelo **RAS** plantea una actualización concretamente analítica tomando como punto de partida el comportamiento de la economía en periodos anteriores, con ayuda del SCN del año para el cual se vaya a actualizar. Sobre los resultados del MIP se exponen dos aspectos importantes:

¹⁵ Se ha actualizado la TIO de México de 2014 porque la última tabla mexicana publicada hasta la fecha por INEGI es de 2012 que es una actualización de la MIP del 2008.

REFERENCES

Allen, R. I. G., y Lecomber, J. R. C. (1975): "Some test on a generalized version of RAS", en Allen Gossling (eds.), *Estimating and Projecting Input-Output*, Publishing Company.

Allen, R.I. (1974): "Some Experiments with the RAS Method of Updating Input-Output Coefficients". *Oxford Bulletin Economic Statistic*. August, vol.36, no.3.

Álvarez, R. (2001): "Métodos de estimación indirecta de coeficientes input-output: una aplicación a la comarcalización de tablas", Trabajo de investigación presentado en la Universidad de Oviedo.

Antonio Pulido y Emilio Fontela (1993): "Análisis Input-Output: modelo, datos y aplicaciones", Madrid, España. Ed. Pirámide.

Bacharach, M. (1970): "Biproportional Matrices & Input-Output Change", University of Cambridge Department of Applied Economics Monographs, Cambridge University Press.

Bachem, A., y Korte, B. (1979): "Estimating input-output matrices", Seventh International Conference on Input-Output Techniques, Innsbruck.

Barriga, L. (1992): "Dinamicidad de las tablas de coeficientes técnicos en el análisis input-output: análisis en base a una serie de 25 años". Universidad Autónoma de Madrid, España. (Tesis Doctoral).

Baumol, W. J. (1972): *Economic Theory and Operations analysis*, Londres, Prentice-Hall International.

Chiang, A. (1987). *Métodos Fundamentales de Economía Matemática*. Mc Graw Hill, México.

Czamanski, S. and Malizia, E. (1969): "Applicability and limitations in the Use of National Input-Output Tables for Regional Studies". *Papers, Regional Science Association*. Vol.23, pp.65-77.

Dietzenbacher, E. & B. LOS, (1998): "Structural Decomposition Techniques : Sense and Sensitivity", *Economic System Research*, nº.4, pp. 307-323.

Hitz, P., y Schmid, B. (1978): "Computerprogramm Entrop M Studienunterlagen zur Orts-Regional und Landesplanung OR-L-Institut, ETM, Zurich, Suiza.

INEGI, (2003): *Sistema de Cuentas Nacionales de México (SCNM), Cuentas por Sectores Institucionales*. Tomos I y II, México.

Inegi (2015). Matriz de insumo producto simétrica por subsectores en millones de pesos corrientes para el año 2008. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabniveles.aspx?c=33600>.

Inegi (2015). Series de consumo intermedio, valor agregado y valor bruto de la producción para los años 2003-2014. Base 2008. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

Inegi, Sistema de Cuentas Nacionales. Cuadros de Oferta y Utilización. Fuentes y Metodologías. www.inegi.org.mx (2014 resultados preliminares).

Lecomber, R. (1975): "RAS projections when two or more complete matrices are known", *Economics of planning*. Vol.9. No.3, pp. 267-278.

Leontief, W. (1973): "Análisis económico Input-Output", Barcelona, Ed. Ariel.

Malizia, E. and Bond, D. E. (1974). Empirical test of RAS method of interindustry coefficient adjustment. *Journal of Regional Science*, Vol. 14, N° 3, pp. 355-365.

Marquina, S. (2014). "Comparación y articulación interna de la actividad económica del sector turístico a partir de la Matriz de Insumo-Producto Turística de México (MIPTM-2003) basada en el enfoque de Cuenta Satélite del Turismo (C S T)". Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid., España.

Menshikov, S. M. (1975): "«On New Uses of Dynamic Input-Output Macroeconomic Models», en G. Fromm y L. R. Klein (eds.), *The Brookings Model» Perspective and Recent Developments*, Amsterdam, North-Holland.

Mesnard, L. (1989): "Note about the theoretical foundations of biproportional methods", Ninth International Conference on Input-Output Techniques, Keszthely.

Michelini, C. and Robinson, J. (1971): "Una valutazione per L'Italia e la Gran Bretagna del método RAS per la proiezione della matrice de coeficiente tecniери negli studi input-output", *Revista de Política Económica*. Vol.LXI, octubre.

Miernyk, W. H. (1977): "Comments on recent development in regional input-output analysis", *International Regional Science Review*, vol. 1, pp. 47-55.

Morrison, W. I., y Thumanm, A. (1980): "Lagrangian multiplier approach to the solution of a special constrained matrix problem", *Journal of Regional Science*, vol. 20, n°.3.

Paelink, J. and Waelbrook, J. (1963): "Etude empirique sur l'evolution de coefficients input-output", *Economie appliqué*. Vol.16.

Pedreño, A. (1983): "Tablas input-output regionales: algunas criticas metodológicas", Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Alicante.

Pedreño, A. (1984): "Algunas reflexiones en torno al método RAS como técnica de ajuste de la matriz de flujos intersectoriales", *Revista de Economía y Empresa*. Vol.2, no.1, pp.51-67.

Pedreño, A. (1986): "Deducción de las tablas input-output: consideraciones críticas a través de la contrastación <<survey-nonsurvey>>", *Investigaciones Económicas*. Vol. X. No.3, pp. 79-99.

Round, J. L. (1978): "An interregional input-output approach to the evaluation of nonsurvey methods". *Journal of Regional Science*. Vol.18, No.2. pp. 179-195.

Schneider, H. (1965): "An Evaluation of Two Alternative Methods for Updating Input-Output Tables", Harvard College, B.A.

Sierra, O. (2006): "Actualización de la Matriz Insumo-Producto en México". Publicado en revista electrónica: *Cociente: Cómputo Científico y Técnico*. Nov.06/Ene.07. No.2. pp.26-30. <http://www.cociente.com.mx>

SPP/ PNUD. (1983). Matriz de Insumo-Producto. Año 1978. (Actualización), SPP. México

SPP/PNUD, (1986): "Matriz de Insumo-Producto". Año de 1980, SPP/INEGI, México.

Stone, R. et al. (1963): "Input-Output Relationships", Number 3 in A Programme for Growth. University of Cambridge Department of Applied Economics, Chapman and Hall, Londo, England.

Tilanus, C. B. (1966): "Input-Output Experiments", Rotterdam University Press.