**3. Matriz Insumo Producto (MIP)**

La Matriz de Insumo-Producto (MIP) consiste en un conjunto de cuadros que reflejan las relaciones económicas que llevan a cabo los diversos sectores y agentes que intervienen en todas las fases del ciclo económico (producción, comercialización, consumo e inversión) y representa un instrumento de planeación y toma de decisiones para políticas económicas. A través de su uso, se puede responder a múltiples interrogantes sobre las necesidades e impactos en los niveles de producción, insumos, inversión fija bruta, entre otras, de los diversos sectores económicos.

3.1 VISION GENERAL DE LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO INIREGIONAL

La matriz insumo-producto es una herramienta sumamente utilizada a nivel mundial, al consistir en un conjunto de cuadros que reflejan las relaciones económicas que llevan a cabo los diversos sectores y agentes que intervienen en todas las fases del ciclo económico (producción, comercialización, consumo y acumulación), de ahí su importancia (INEGI12 , 2014). Dentro de los desarrollos que intentaron encontrar estas relaciones económicas entre la producción y la demanda de bienes, son los de Quesnay (1758), en su publicación Tableau Économique, y el de Marx (1885) en su obra Das Kapital. Sin embargo, quien retoma este trabajo es Wassily Leoentief en 1928, en su trabajo The economy as a circular flow, en el que explica cómo funciona el sistema económico en una economía de mercado, ilustrando como los consumidores y los productores ofertan y demandan en sus respectivos mercados (bienes y servicios para empresas, y factores de la producción para consumidores), existiendo a la vez un flujo real y uno monetario, por medio de los cuales se realizan las transacciones entre los agentes económicos. Posteriormente, Leontief en 1936, desarrolla una matriz insumo-producto para Estados Unidos en su artículo Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States, mediante un sistema de ecuaciones lineales en el que incluye variables como la producción, la inversión o el consumo. En este trabajo el modelo abierto se presenta en el caso de considerar al consumo como una variable exógena, mientras que el modelo cerrado considera al consumo como una variable endógena. Una matriz insumo-producto muestra la desagregación por productos e industrias con oferta y demanda, eliminando una de estas dimensiones. Así, un único cuadro puede mostrar la relación entre oferta y utilización de productos, o alternativamente, la producción de las industrias y la demanda de la producción de las industrias (INEGI, 2012). Básicamente, una 12 Dentro del programa del Sistema de Cuentas Nacionales. 27 matriz insumo-producto incluye tres submatrices, las cuales son: demanda intermedia, demanda final y valor agregado de la economía. A nivel general, la matriz se puede representar como en el Cuadro 3.1 Cuadro 3.1 Estructura General de una Matriz Insumo-Producto Uniregional Fuente: Elaboración propia con base en Fuentes (2005). Por otro lado, la matriz insumo-producto de la Tabla 1 se representa de forma algebraica como sigue:

𝑋𝑖 = z𝑖1 + z𝑖2 + … + z𝑖j + … + z𝑖𝑛 + 𝑌𝑖 (1) Donde 𝑋𝑖 representa la producción del sector i, los términos z𝑖 de la derecha representan las ventas interindustriales del sector i al sector j (incluyendo a sí mismo, i=j), mientras que 𝑌𝑖 indica la demanda final del sector i. Así, al encontrarse n sectores en la economía, habrá una ecuación para cada sector tal como sigue:

x1 = z11 + · · · + z1j + · · · + z1n + y1 . . xi = zi1 + · · · + zij + · · · + zin + yi . (2) . xn = zn1 + · · · + znj + · · · + znn + yn

Sectores Demanda final Compras industriales Total de demanda intermedia Consumo Gobierno Inversiones Exportaciones Demanda final total Producto bruto total 1 j n Ventas 1 z11 z1j z1n o1 c1 g1 I1 e1 y1 x1 i zi1 zij zin oi ci gi Ii ei yi xi n zn1 znj znn on cn gn In en yn xn

Pagos sectoriales Insumos intermedios u1 uj un ∑ 𝑢𝑖 𝑛 𝑖=1 = ∑ 𝑜𝑖 𝑛 𝑖=1 Valor agregado v1 vj vn Importaciones m1 mj mn Producto bruto total x1 xj xj 28

Por lo tanto, los términos que van de zn1 hasta znn conforman las columnas que representan las fuentes y magnitudes de los insumos del sector j (Miller y Blair, 2009). Ahora, para estimar los requerimientos de insumos que se vinculan a la tecnología de producción se deriva aij, que indica unidades monetarias de producto, así, al multiplicar aij por xj se obtiene la demanda sectorial:

𝑎𝑖𝑗 = 𝑧𝑖𝑗 𝑥𝑗 , se deriva entonces: 𝑥𝑗 = 𝑧1𝑗 𝑎1𝑗 = 𝑧2𝑗 𝑎2𝑗 = ⋯ = 𝑧𝑛𝑗 𝑎𝑛𝑗 (3) En este modelo, aij representa los requerimientos directos, también llamados coeficientes técnicos, en el que se indican las unidades monetarias para producir cada producto, además de que se indica que cada sector absorbe proporciones fijas de insumos, que es uno de los elementos propuestos por Leontief.

Al sustituir zij de la ecuación (2) por su equivalencia de la ecuación (3) se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

x1 = a11x1 +· · ·+a1ixi +· · ·+a1nxn + y1 . . xi = ai1x1 +· · ·+aiixi +· · ·+ ainxn + yi (4) . . xn = an1x1 +· · ·+anixi +· · ·+annxn + yn De manera matricial, la ecuación (4) se puede representar como sigue: 𝑋 = ( 𝑥1 ⋮ 𝑥𝑛 ) ; 𝐴 = [ 𝑎11 ⋯ 𝑎1𝑛 ⋮ ⋱ ⋮ 𝑎𝑛1 ⋯ 𝑎𝑛𝑛 ]; Y = ( 𝑦1 ⋮ 𝑦𝑛 ) = ( 𝐶𝑛 + 𝐼𝑛 + 𝐺𝑛 + 𝐸𝑛 ⋮ 𝐶𝑛 + 𝐼𝑛 + 𝐺𝑛 + 𝐸𝑛 ) (5)

En esta última ecuación se desarrolla la demanda final, en la que se integran el consumo, la inversión, el gasto de gobierno y las exportaciones. Por lo tanto, de la ecuación (5) se puede derivar la ecuación (6): X = AX + Y (6) De la que, al resolver por X mediante algebra matricial, se obtiene la ecuación (7): X = (I – A)-1 Y (7) De la ecuación (6), se desprende que X representa la variable endógena del sistema, indicando los niveles brutos de producción de los n sectores de la economía, expresados en un vector 29 columna de dimensión nx1. Mientras que las variables exógenas son Y, que son las demandas finales de producción de los sectores expresados en un vector de dimensión nx1, y AX, que es la demanda intermedia donde la matriz A de dimensión nxn es la matriz de coeficientes técnicos. Al resolver por X en la ecuación (7), (𝐼 − 𝐴) −1 representa la matriz inversa de Leontief y de donde se obtiene los efectos multiplicadores directos. De acuerdo con el INEGI (2014), los principales supuestos básicos del modelo insumoproducto son: o “Cada sector produce un solo bien o servicio, bajo una misma técnica; es decir, se supone que cada insumo es proporcionado por un solo sector de producción, lo que implica que se emplea la misma tecnología de producción, de tal forma que no es posible la sustitución entre insumos intermedios, a la vez que cada sector tiene una sola producción primaria; es decir que no hay producción conjunta. (Hipótesis de homogeneidad sectorial)”. o “No ocurren cambios en el corto plazo de la estructura productiva de cada sector, por lo que la proporción de insumos que requiere cada uno, será fija”. o “En el corto plazo, los insumos que requiere cada sector en la elaboración de un producto, varían en la misma proporción en que se modifica la producción sectorial, determinándose así una función de producción de coeficiente lineal fijo, que presenta rendimientos constantes a escala. (Hipótesis de proporcionalidad estricta)”. o “Cuando se utiliza el modelo para realizar proyecciones de precios, debe tenerse en cuenta que se mantiene la relación de precios relativos presente en el año en que se elabora la matriz. (Hipótesis de invarianza de precios relativos)”.

3.2 Extensiones de la Matriz Insumo-Producto Uniregional La matriz insumo-producto tiene distintas aplicaciones al utilizarse en una amplia gama de modelos para conocer diferentes variables no solo en el espacio sino también en el tiempo. De esta manera, pueden encontrarse algunas extensiones interesantes del modelo insumoproducto, entre las cuales, algunas de las más destacadas de acuerdo con Mariña (1993), son:

3.2.1 Modelo de Distribución del Ingreso “El modelo de demanda cerrado con respecto al consumo privado expresa la interdependencia entre la producción y los ingresos de los consumidores. Si la endogeneización del consumo privado es acompañada de una estratificación de los distintos niveles de ingreso, así como de sus respectivas estructuras de consumo, el modelo cerrado puede utilizarse para analizar la interdependencia entre la producción, la distribución del ingreso y los patrones de consumo”.

3.2.2 Modelos Dinámicos Los modelos dinámicos especifican las articulaciones intersectoriales intertemporales a través del proceso de formación de capital fijo. El modelo está constituido por un conjunto de ecuaciones en diferencia. Puede formularse, asimismo, una versión continua que se soluciona a través de ecuaciones diferenciales. Ahora bien, la construcción empírica del modelo y, por lo tanto, su aplicación analítica, enfrentan varios obstáculos, tal como la insuficiencia de información estadística para la estimación desagregada de los coeficientes de capital o la imposibilidad de invertir la matriz de requerimientos de capital fijo (K).

3.2.3 Modelo de Protección Efectiva “Para estimar el efecto neto de protección al comercio exterior mediante un modelo de protección efectiva se requiere comparar la diferencia entre el valor del producto y el valor total de los insumos intermedios antes y después de la fijación de la tarifa arancelaria, lo que equivale a comparar la remuneración de los insumos factoriales en los dos tipos de situaciones. La proporción entre ambos montos de remuneraciones constituye lo que se denomina como tasa de protección efectiva”. 31

3.2.4 Modelo de Revaluación de Bienes Comerciables Cuando los aranceles constituyen el mecanismo fundamental de regulación del comercio externo, el precio interno de los bienes comerciables depende del precio internacional y de la tarifa arancelaria vigente. En el caso de los bienes comerciables importables, el precio interno está determinado por el precio internacional y por los impuestos a las importaciones. El método anterior no es útil en caso de que las tarifas no sean el único elemento que afecte el precio de los bienes comerciables, es decir, cuando existe un conjunto de mecanismos de protección no arancelaria, tal como los permisos previos. En este contexto, la revaluación de los bienes comerciables puede hacerse a partir de la estimación de la tasa nominal de protección implícita para cada bien.

3.3 Multiplicadores La noción de los multiplicadores se basa en la diferencia entre el efecto inicial de un cambio exógeno y los efectos totales de ese cambio. Los efectos totales pueden definirse ya sea como los efectos directos e indirectos (encontrados en un modelo de insumo-producto que es abierto con respecto a los hogares) o como efectos directos, indirectos e inducidos (encontrados en un modelo que es cerrado con respecto a los hogares). Los multiplicadores que incorporan los efectos directos e indirectos también se conocen como multiplicadores simples. Cuando los efectos directos, indirectos e inducidos son capturados, a menudo se les llama multiplicadores totales (Miller y Blair, 2009). Varios de los tipos de multiplicadores más utilizados son los que estiman la efectos de los cambios exógenos en: a) la producción de los sectores de la economía, b) los ingresos que ganan los hogares en cada sector debido a una nueva producción, c) el empleo (puestos de trabajo, en términos físicos) que se espera que se genere en cada sector debido a una nueva producción y, d) el valor añadido que crea cada sector de la economía causada por una nueva producción.

Más específicamente, un multiplicador del modelo insumo-producto es un número único para cada sector, que mide el impacto total en la economía tras un cambio en la demanda final exógena en todos los sectores endógenos de la economía (Wang, 2008).

3.3.1 Efectos de Interdependencia En última instancia, se espera que los cambios en todas las transacciones económicas subsiguientes -o el efecto total en las actividades económicas- sean mayores que los cambios derivados de un estímulo inicial. En el caso de los modelos de insumo-producto, la demanda final impulsa la economía. Estos efectos derivados de un estímulo inicial son diferentes y tienen distintas magnitudes tal como se explica a continuación según Wang (2008).

3.3.1.1 Efectos Directos Aquí se miden solo los efectos iniciales inmediatos en la producción, en el empleo, o en los ingresos tras un estímulo exógeno proveniente de la demanda final.

3.3.1.2 Efectos Indirectos Mide los cambios en la producción, el empleo y los ingresos, que posteriormente siguen el efecto directo, y que por lo tanto son atribuibles al efecto de retorno. Esto explica el hecho de que las industrias, para satisfacer por sí mismas la nueva demanda final, tienen desembolsos adicionales hacia los insumos intermedios y los factores de producción (pagos de capital y mano de obra) y requieren empleo adicional.

3.3.1.3 Efectos Inducidos Mide la porción del efecto total, que es atribuible al hecho de que los hogares son endógenos al sistema. Los efectos inducidos se derivan directamente del hecho de que los ingresos y 33 gastos de los hogares aumentan debido a los efectos directos e indirectos. A la suma de los efectos directos, indirectos e inducidos se le llama efecto total.

3.3.2 Multiplicadores del Tipo I y II

3.3.2.1 Tipo I Es derivado de un marco conceptual en el cual el modelo es abierto con respecto al consumo de los hogares, en este caso el consumo de los hogares es tratado como exógeno. Este multiplicador solo incluye los efectos directos e indirectos.

3.3.2.2 Tipo II Es derivado de un marco conceptual en el cual el modelo es cerrado con respecto al consumo de los hogares, ahora el consumo de los hogares es tratado como endógeno. Este multiplicador incluye los efectos directos, indirectos e inducidos.

3.3.3 Multiplicador del Producto 3.3.3.1 Multiplicador del Producto Tipo I Para Ramos et al. (2017), “el multiplicador del producto del tipo I indica cuanta será la producción necesaria para satisfacer los incrementos en la demanda por parte de cualquier industria de la matriz insumo-producto. Aquí solo se incluyen los efectos directos e indirectos. El multiplicador del producto para cada sector se computa sumando sobre las columnas de la matriz inversa de Leontief tal como sigue”: 𝑀𝑃𝑗 = ∑ (𝐼 − 𝐴) 𝑛 −1 𝑖=1 (8) 34 Este multiplicador es un buen indicador del grado de interdependencia estructural entre cada sector con el resto de actividades económicas, pero cuando se analizan los impactos, los multiplicadores de ingreso y de empleo son más útiles.

3.3.3.2 Multiplicador del Producto Tipo II “La ampliación al multiplicador del producto tipo II surge al considerar un modelo extendido de insumo-producto, incluyendo el consumo de las familias dentro de la matriz de coeficientes técnicos. Considerando que el consumo agregado sigue el comportamiento descrito en la versión más simple del modelo keynesiano, en función del ingreso disponible y el consumo autónomo, es posible expresar lo siguiente: 𝑋 = (1 − 𝑁) −1𝑌 (9) Donde (1 − 𝑁) −1 se denomina matriz inversa de Leontief ampliada, siendo N una matriz de dimensiones n × n, e igual a A + αεγ. α es un escalar que denota la propensión marginal a consumir, ε es un vector n × 1 que representa la participación del consumo en el sector i dentro del consumo total y γ un vector 1 × n que determina la proporción del ingreso disponible de los hogares en el sector i con relación al valor bruto de producción del sector (también se conoce como coeficiente directo de ingreso). El vector ε se premultiplica por un vector que recoge el peso del sector i dentro del Producto Interno Bruto (PIB), con el fin de captar mejor las dinámicas de consumo de cada territorio” (Ramos et al., 2017).

3.3.4.1 Multiplicador del Empleo Tipo I De igual manera, Ramos et al. (2017) explica que “el multiplicador de empleo tipo I se estima cuando se excluye el consumo de los hogares de la matriz y es el cociente de coeficiente de requisitos de empleos directos e indirectos sobre el coeficiente de requisitos de empleos directos de cada sector. El vector de coeficientes de requisitos de empleos directos e 35 indirectos (𝐿1) resulta de premultiplicar el vector (𝐸) por la matriz inversa de Leontief (𝐼 − 𝐴) −1 , y es igual a: 𝐿1 = 𝐸(𝐼 − 𝐴) −1 (10) Donde el vector de coeficientes de requisitos de empleos directos (E) corresponde a un vector 1 × n, en el cual cada elemento e indica los trabajadores requeridos por unidad de valor bruto de producción del sector i. Cada elemento del vector resultante se divide por el coeficiente correspondiente en el vector E para obtener el multiplicador tipo I de empleo para cada industria”.

3.3.4.2 Multiplicador del Empleo Tipo II “El multiplicador de empleo tipo II se define como el cociente del coeficiente de requisitos de empleos directos, indirectos e inducidos sobre el coeficiente de requisitos de empleos directos. El vector de coeficientes de requisitos de empleos directos, indirectos e inducidos (𝐿2) resulta de premultiplicar el vector E por la matriz inversa de Leontief ampliada 𝐿2 = (𝐼 − 𝑁) −1 (11) Cada elemento del vector resultante se divide por el coeficiente correspondiente en el vector 𝐸 para obtener el multiplicador tipo II de empleo para cada sector" (Ramos et al., 2017).

3.3.5 Multiplicadores del Ingreso 3.3.5.1 Multiplicador del Ingreso Tipo I Asimismo, según Ramos et al. (2017), “el multiplicador del ingreso tipo I se estima de igual forma que el de empleo, solo que en este caso se sustituyen los coeficientes de empleo por coeficientes directos de ingreso. El multiplicador tipo I se halla premultiplicando el vector γ por la matriz inversa de Leontief, resultando el vector de coeficientes directos e indirectos de ingreso (𝑀𝐼 ) es:

36 𝑀𝐼𝐼 = (𝐼 − 𝐴) −1 (12) Posteriormente, cada elemento del vector resultante se divide por el coeficiente correspondiente en el vector γ para obtener el multiplicador tipo I de ingreso para cada sector".

3.3.5.2 Multiplicador del Ingreso Tipo II “Para estimar el multiplicador tipo II, se aumenta la matriz inversa de Leontief de la forma como se hizo para el multiplicador de empleo tipo II. Una vez invertida la matriz ampliada, se calcula el vector de coeficientes directos, indirectos e inducidos de ingreso (𝑀𝐼𝐼𝐼) como: 𝑀𝐼𝐼𝐼 = (𝐼 − 𝑁) −1 (13) El cociente entre los coeficientes directos, indirectos e inducidos y los coeficientes directos de ingreso otorga el multiplicador tipo II” (Ramos et al., 2017).