



Revista de Economía

ISSN: 0188-266X

[lilian.albornoz@uady.mx](mailto:lilian.albornoz@uady.mx)

Universidad Autónoma de Yucatán

México

Fuentes, Noé Arón; Brugués, Alejandro; González König, Gabriel  
MODELO INSUMO-PRODUCTO REGIONAL DINÁMICO  
Revista de Economía, vol. 32, núm. 84, enero-junio, 2015, pp. 79-107  
Universidad Autónoma de Yucatán

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=674070976003>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

# **MODELO INSUMO-PRODUCTO REGIONAL DINÁMICO**

**REGIONAL DYNAMIC INPUT OUTPUT MODEL**

Noé Arón Fuentes

El Colegio de la Frontera Norte, México  
afuentes@colef.mx

Alejandro Brugués

El Colegio de la Frontera Norte, México  
abrugues@colef.mx

Gabriel González König

El Colegio de la Frontera Norte, México  
ggkonig@colef.mx

## **RESUMEN**

En tiempos recientes la ciencia económica ha mostrado un creciente interés por conocer la dimensión temporal de prácticamente todos los fenómenos. Esto no es una excepción para los analistas del modelo de insumo producto. El objetivo es desarrollar conceptualmente un modelo de insumo producto dinámico regional con coeficientes técnicos fijos y realizar una aplicación empírica del mismo en un sistema de simulación dinámica (Stella/IThink). El análisis del modelo regional multisectorial e inter-temporal permite utilizar de forma complementaria el enfoque analítico y sistémico, al integrar tanto el detalle algebraico como la reproducción de su comportamiento. Para examinar y describir los fundamentos conceptuales del modelo propuesto se realiza una aplicación empírica al caso de Baja California.

**Palabras clave:** insumo-producto, desarrollo regional y simulación dinámica.

**Clasificación JEL:** C67, D57, D58, R150

## ABSTRACT

Dynamic simulation models are very flexible and can be used when a given system cannot be adequately expressed in an analytical form or when the analytical models are impossible to solve. Our goal is to develop conceptually a regional dynamic input output model with constants technical coefficients constants, and make an application to a dynamic simulation system (Stella/IThink). The analysis of the regional dynamic model input ouput allows us a complementary analytical and systemic approach whereas algebraic, details and the reproduction of its behavior. To examine and describe the conceptual foundations of the proposed model is an empirical application of the multi-sectoral intertemporal dynamic model for the case of Baja California.

**Key words:** input-output, regional development and dynamic simulation.

## 1. INTRODUCCIÓN

En México recientemente se ha prestado atención a la construcción empírica de matrices de insumo producto regional. Como resultado de ello se han estimado una amplia variedad de matrices intersectoriales regionales (Armenta *et al.* 2007; Chapa, Ayala y Hernández, 2009; Cruz, 2008; Callicó, González y Sánchez, 2003; Dávila, 2002; Fuentes, 2005; Rosales, 2010; Albornoz, Canto y Becerril, 2012)<sup>1</sup>. En todos los casos, el modelo multisectorial regional ha sido visto como un instrumento que proporciona una base para la programación económica y la proyección, pero en ningún caso ha sido usada para analizar las trayectorias temporales de las variables y explicar cómo el sistema cambia en el tiempo<sup>2</sup>. El objetivo de este artículo es desarrollar conceptualmente un modelo de insumo producto regional dinámico con coeficientes técnicos fijos y realizar su aplicación empírica en un sistema de simulación dinámica (Stella/IThink).

Para analizar el modelo regional multisectorial e intertemporal se empleó el enfoque analítico y el sistémico. El primero consiste en estudiar con gran detalle las diversas relaciones algebraicas del modelo. Este enfoque puede ser muy fructífero, pero tiene el inconveniente de que el conocimiento pormenorizado del modelo puede llevar a que la solución se obtenga sólo con un gran esfuerzo. El enfoque sistémico, en tanto, nos permite analizar al sistema desde una perspectiva global, al reproducir su comportamiento mediante el funcionamiento interrelacionado de los diversos vínculos parciales que componen al modelo, para así estudiar la evolución en el tiempo, de las variables incluidas durante un periodo predefinido, que será aquel donde se mantiene la validez de los supuestos empleados en la construcción del modelo. El análisis combinado permite utilizar de forma complementaria ambos

---

1 En la actualidad, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Tabasco, Tamaulipas, Oaxaca y Yucatán cuentan con una estimación de la matriz intersectorial (Rosales, 2010).

2 Es importante distinguir entre los términos proyección y simulación. Se entiende por proyección la extrapolación de trayectorias pasadas de una variable. Si existieran diversas variables las proyecciones se obtendrían independientemente unas de otras. Por simulación se entiende la extrapolación de las trayectorias futuras, que pueden preverse con un cierto grado de exactitud controlado en cada instante de tiempo (López y Martínez, 2000).

enfoques y considerar tanto el detalle algebraico como la reproducción relevante del modelo intersectorial regional dinámico.

La formulación original del modelo de insumo producto respondió a la pregunta ¿qué cantidad debe producirse en cada sector de actividad de modo que los requerimientos de insumos de todos los sectores, así como la demanda final (modelo abierto)<sup>3</sup>, se satisfaga con exactitud? El contexto era estático y el problema consistió en resolver un sistema de ecuaciones simultáneas para los niveles de equilibrio de producto de todas las industrias.

La nueva formulación del modelo insumo producto incorpora ciertas consideraciones, como el exceso de demanda y el ajuste desfasado en la producción, que hace asumir al mismo un carácter dinámico. En otras palabras, el modelo insumo producto dinámico considera la *condición de desequilibrio* en donde la demanda excedente de cada sector de actividad siempre tiende a inducir un ajuste del producto igual a una fracción de la demanda excedente. Este ajuste eliminará la demanda excedente (y occasionará el equilibrio) en el tiempo, pero sólo si tanto la demanda excedente como el ajuste en el producto permanecen sin cambios<sup>4</sup>. El contexto es dinámico y el problema es resolver un sistema de ecuaciones en diferencias (o diferenciales) que resuelva dicha condición de desequilibrio en el tiempo.

En cuanto al modelo de insumo producto dinámico, la más obvia extensión es introducir la dimensión espacial. De esta manera tendremos un modelo multisectorial e intertemporal que será capaz de trazar las trayectorias temporales de las variables regionales y explicar cómo el sistema pasa de una situación a otra. La construcción de modelos de insumo-producto dinámicos en la región es todavía escasa<sup>5</sup>.

Por último, para examinar y describir los fundamentos conceptuales del modelo propuesto empleamos la técnica de simulación dinámica y

---

3 El modelo abierto excluye los vectores de ingresos y consumo, mientras que el modelo cerrado los incluye dentro de la matriz de transacciones (Kozikowski, 1988).

4 En realidad, la demanda excedente variará con el tiempo, igual que el ajuste inducido del producto, lo que conduce al juego del gato y del ratón. La solución del sistema, que consiste en las trayectorias de tiempo del producto, es una crónica de este juego. Si la solución es convergente, el gato (ajuste del producto) finalmente podrá atrapar al ratón (demanda excedente).

5 Un trabajo seminal que desarrolló un modelo insumo-producto dinámico regional basado en la técnica de simulación es el de Johnson (1986).

recurrimos a la información contenida en la matriz de insumo producto del estado de Baja California (Fuentes, 2005). La técnica de simulación dinámica es muy flexible y puede utilizarse cuando un sistema determinado no puede ser expresado adecuadamente en forma analítica o cuando los modelos analíticos resultan imposibles de resolver. El creciente poder y el menor costo de las modernas computadoras hacen suponer que la técnica de simulación dinámica tenga un gran futuro.

El estudio consta de cinco partes. La primera explica los conceptos fundamentales del modelo multisectorial regional en su versión estática y establece algunas de sus limitaciones. La segunda parte expone el modelo intersectorial regional dinámico con coeficientes técnicos constantes, ofrece una solución analítica y considera varias limitaciones. La tercera desarrolla conceptualmente el modelo regional dinámico al transformar la ecuación de balance mediante ajustes en la tasa de producción y permitir excesos de demanda en el corto plazo. Aquí también se provee una solución sistémica para propósitos de simulación dinámica. En la cuarta parte se representa el modelo multisectorial regional en forma gráfica a través de diagramas de las relaciones entre los distintos elementos y se simulan los impactos dinámicos regionales de un aumento en la demanda final autónoma, basado en la información contenida en la matriz de insumo producto de Baja California. Finalmente, se presentan reflexiones en relación al uso y beneficios del modelo intersectorial regional dinámico.

## 2. MODELO DE INSUMO-PRODUCTO REGIONAL ESTÁTICO

El análisis de insumo producto ofrece la posibilidad de integrar el espacio con el análisis de la producción. En ese sentido, los modelos de insumo-producto regionales asumen dos posibles fuentes de oferta de cada sector, producción local e importaciones. El modelo multisectorial regional en forma estática puede describirse como:

---

$$X = AX + Y - X^m \quad (1)$$

$$X^m = \hat{M} X + Y^m \quad (2)$$

$$X = [I - A + \hat{M}]^{-1}(Y - Y^m) \quad (3)$$

En la ecuación de balance (1) las variables endógenas (X) representan los niveles sectoriales de producción regional de los n sectores de la economía que están expresados por un vector columna de nx1, las variables exógenas (Y) son las demandas finales de la producción de los sectores los cuales están expresados por un vector de orden nx1, ( $X_m$ ) es un vector columna de nx1 de importaciones regionales competitivas y ( $AX$ ) es la demanda intermedia, donde la matriz A de orden nxn es la matriz de coeficientes técnicos o efectos directos<sup>6</sup>. La ecuación (2) asume que las importaciones regionales ( $X_m$ ) son una parte de bienes intermedios ( $\hat{M} X$ ) y otra de demanda final ( $Y_m$ ), siendo ( $\hat{M}$ ) una matriz diagonal de coeficientes marginales de importación<sup>7</sup>. En tanto, en la solución analítica (3) la variable (X) es la producción sectorial, ( $Y - Y_m$ ) es el vector autónomo que resulta de restar el vector de demanda final (Y) y el de importaciones de demanda final ( $Y_m$ ), y  $[I - A + M]^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief o matriz de multiplicadores<sup>8</sup>.

El modelo regional intersectorial en su versión estática tiene tres importantes limitaciones. En primer lugar, la solución analítica (3) recoge la predicción de las producciones sectoriales en función de cambios estructurales de los componentes de la demanda final autónoma, pero no logra predecir los cambios en estos componentes (tales como inversión, consumo, gasto de gobierno y exportaciones). En segundo lugar, la solución analítica (3) es atemporal. Los multiplicadores condensan las reacciones temporales de las producciones sectoriales inducidas por un cambio en los componentes de demanda final en una suma de efectos atemporales. Por

<sup>6</sup> La matriz A cumple con la propiedad de ser indecomponible y la condición Hawking-Simon (Park, 1975).

<sup>7</sup> Este sistema puede ser más sencillo si asumimos que las importaciones competitivas son proporcionales al nivel de cada actividad. Es decir,  $X_m = A_m X$ .

<sup>8</sup> El método para obtener la matriz de multiplicadores se conoce como método de expansión de potencias,  $(I - \tilde{A})^{-1} = (1 + \tilde{A} + \tilde{A}^2 + \dots + \tilde{A}^n)Y$ . Donde,  $\tilde{A} = A + M$ ,  $Y + \tilde{A} Y$  es la suma del efecto inicial (Y) y el efecto directo ( $\tilde{A} Y$ ). El resto,  $(\tilde{A}^2 + \tilde{A}^3 + \dots + \tilde{A}^n)Y$  es la suma de efectos indirectos.

último, el modelo regional multisectorial parte de una condición de equilibrio estático (1). Es decir, el modelo es incapaz de describir el movimiento del sistema con respecto a ese equilibrio.

### 3. MODELO MULTISECTORIAL REGIONAL DINÁMICO

Una solución a las anteriores limitaciones implica modificar el modelo multisectorial regional en intertemporal mediante la modelización tanto de la evolución de los coeficientes técnicos ( $A_t$ ), como de la demanda final ( $Y_t$ ) (Leontief, 1953). Se trata de evolucionar a partir del modelo estático hacia el dinámico en que los coeficientes técnicos y demanda final se determinan a partir de valores anteriores (o actuales) del sistema. Respecto a la demanda final, el elemento central es la incorporación de la teoría de inversión basada en alguna variante del principio del acelerador, según la cual, la formación de capital actual depende de los cambios habidos (o esperados) en la producción. El modelo regional multisectorial en su versión dinámica puede escribirse como:

$$\dot{X}_{(t)} = AX_{(t)} + B \dot{X}_{(t)} + \bar{Y}_{(t)} - X^m_{(t)} \quad (4)$$

$$\dot{X}^m_{(t)} = \hat{M} X_{(t)} + Y^m_{(t)} \quad (5)$$

$$\dot{X}_{(t)} = [B^{-1}(I - A + \hat{M})] X_{(t)} - B^{-1}(\bar{Y}_{(t)} - Y^m_{(t)}) \quad (6)$$

$$X_{(t)} = e^{Gt} X_0 + \int_0^t e^{G(t-\tau)} H(Y - Y^m)_{\tau} d\tau \quad (7)$$

$$\text{donde, } G = [B^{-1}(I - A + \hat{M})] \quad | \quad H = -B^{-1}$$

En la ecuación de balance (4), al incluirle el proceso de formación de capital, es posible separar la demanda final en demanda de inversión

$I_{(t)} = \dot{K}_{(t)} = BX_{(t)}$  y el resto de la demanda final autónoma  $Y_t$ <sup>9</sup> La ecuación (5) establece las importaciones regionales. La ecuación (6) nos da la capacidad de producción sectorial esperada en función de la distribución de las demandas de inversión (B), los coeficientes de interdependencias ), la producción sectorial ( $X_t$ ), y la demanda final autónoma ( $Y_t$ ). En tanto, la solución analítica (7) permite proyectar la producción sectorial si se conocen las tasas de crecimiento de la demanda final autónoma y las condiciones iniciales.

El modelo regional multisectorial en esta versión dinámica presenta tres problemas. En primer lugar, la endogenización de la formación de capital no cambia el hecho de partir de una condición de equilibrio estático<sup>10</sup>. En segundo, la estructura matemática del modelo tiene algunos inconvenientes al no considerar una estructura de rezagos verosímil que sucede en el proceso de inversión<sup>11</sup>, el no incorporar que el grado de utilización de la capacidad productiva instalada varía de un sector a otro y de un periodo a otro<sup>12</sup>, y el no tomar en cuenta que existen rezagos en la relaciones intersectoriales –se asume que la producción e inversión varían instantáneamente con cambios en la demanda final<sup>13</sup>. Finalmente, la solución analítica del modelo intersectorial lleva implícito que el crecimiento que ocurre en el sistema no es reflejo de ningún crecimiento regional –endógeno o de otra naturaleza—representado, sino es resultado de la inestabilidad intrínseca de la estructura matemática empleada, por lo que su aplicación empírica no puede, por tanto, aportar resultados útiles.

- 
- 9 Obviamente el sistema es más complejo si consideramos variables a los coeficientes técnicos ( $A_t$ ) y a la matriz de capital-producto ( $B_{t+1}$ ). Es decir, si suponemos la relación:  $X_t = A_t X_t + B_{t+1} X_t + Y_t + X_{tm}$ .
- 10 Se pudo considerar el modelo dinámico como una simple generalización del estático (Blanc y Ramos, 2002).
- 11 La estructura de rezagos en el proceso real de inversión es muy complicada y depende de factores tecnológicos, psicológicos, sociales, políticos, institucionales, etc. (Kozikowski, 1988).
- 12 La no existencia de restricciones de capacidad instalada o exceso de capacidad de producción en sectores y regiones es bastante irreal (Kozikowski, 1988).
- 13 El supuesto de ajuste instantáneo de la inversión y producción ante cambios en la demanda autónoma genera reacciones dinámicas en el modelo que conduce a proyecciones inaceptables (Ryaboshlyk, 2005).

## 4. MODELO REGIONAL MULTISECTORIAL TRANSFORMADO

El modelo regional multisectorial e inter-temporal puede transformarse para hacerlo dinámico (Johnson, 1986), al modificar la ecuación de balance mediante ajustes en la tasa de producción sectorial y permitir excesos de demanda regional en el corto plazo. El modelo intersectorial regional completo con la nueva condición de desequilibrio puede ser reescrito como:

$$X_{(t)} = AX_{(t)} + I_{(t)} + \bar{Y}_{(t)} - X_{(t)}^m + E_{(t)} \quad (8)$$

$$X_{(t)}^m = \hat{M}X_{(t)} + Y_{(t)}^m \quad (9)$$

$$\underline{E_{(t)}} = (A - \hat{M})X_{(t)} + I_{(t)} + (\bar{Y}_{(t)} - Y_{(t)}^m) - X_{(t)} \quad (10)$$

$$\dot{\underline{X}}_{(t)} = \hat{\Phi}(E_{(t)}) \quad (11)$$

$$\underline{I_{(t)}} = B(\hat{d} \underline{X}_{(t)}^\epsilon + \dot{\underline{X}}_{(t)}^\epsilon) \quad (12)$$

$$\dot{\underline{X}}_{(t)}^\epsilon = \hat{k}[\underline{X}_{(t)}^{\epsilon*} - \underline{X}_{(t)}^\epsilon] \quad (13)$$

$$\underline{X}_{(t)}^{\epsilon*} = \alpha + \hat{\beta}[(A - \hat{M})X_{(t)} + I_{(t)} + (\bar{Y}_{(t)} - Y_{(t)}^m)] \quad (14)$$

$$\underline{X}_{(t)} \leq \underline{X}_{(t)}^\epsilon \quad (15)$$

$$\dot{\underline{X}}_{(t)}^\epsilon \geq -\hat{d} \underline{X}_{(t)}^\epsilon \quad (16)$$

En el siguiente párrafo no se pudieron dar los espacios correctos ya que se mueven las ecuaciones, checar

La nueva ecuación de balance (8) incluye ahora un vector que representa la demanda excedente de los sectores por unidad de tiempo ( $E_t$ ) y un vector que puede ser reinterpretado como la formación de capital bruta ( $I_t$ ). La ecuación (9) establece que las importaciones regionales son tanto demanda intermedia ( $\hat{M}X_t$ ) como final ( $Y_t^m$ ). La ecuación de demanda regional

excedente (10), es la (8) reescrita<sup>14</sup>. La ecuación dinámica (11) representa la tasa de ajuste del flujo de producción de los sectores por unidad de tiempo. Este ajuste propuesto eliminará la demanda regional excedente (lo que da un nuevo equilibrio) en una unidad de tiempo, pero, únicamente, si dicha demanda regional excedente y el ajuste de la producción permaneciera inviolable a las tasas corrientes. En la práctica la demanda regional excedente variará a corto plazo, igual que el ajuste de la producción, lo que resulta en una especie de juego de caza del gato (ajuste de la producción) y el ratón (exceso de demanda). Si el proceso es convergente entonces el gato cazará al ratón en el largo plazo.<sup>15</sup> En esa ecuación  $\dot{X}_{(t)} = 0$  es una matriz diagonal que representa el coeficiente acelerador (relación marginal capital-producto).<sup>16</sup> En la ecuación (12) la formación de capital bruta se puede desagregar en demanda de inversión de remplazo de capital (depreciación),  $X_{(t)}^r$  y demanda de nueva inversión (inducida),  $B(d X_{(t)}^i)$  con que representa la capacidad de producción actual y es la matriz de distribución de las demandas de inversión.<sup>17</sup> La ecuación (13) considera que la capacidad de producción actual es, a su vez, una función de la capacidad deseada  $X_{(t)}^d = B(X_{(t)})$  - donde  $X_{(t)}^d$  - es una matriz diagonal de relaciones marginales capital-producto (acelerador). La ecuación (14) propone que la tasa deseada de capacidad de producción en cualquier punto de tiempo es una función lineal de la tasa de producción en el tiempo, con  $\alpha$  que es un vector de intercepto que representa un estado deseable de exceso de capacidad instalada y  $\beta$  es una matriz diagonal de pendientes que representa la proporción deseable de capacidad instalada. La ecuación (15) asume que hay sectores que están restringidos por el grado de utilización de

14 El movimiento de  $E_t$  representa un incremento en el acervo de producción, y en este sentido está relacionado con la tasa de cambio de los inventarios no planeados. Sin embargo, no es igual a los inventarios reales que están incluidos en el acervo de capital,  $K_t$ , los cuales tienen una relación positiva con el nivel de producción en el equilibrio. En este sentido  $E_t$ , que tiene un valor cero en el equilibrio y afecta a los inventarios reales solamente cuando el sistema se mueve hacia el equilibrio. (Johnson, 1986).

15 Para que las ecuaciones de balance dinámica y estática representen un equilibrio debemos especificar cuando. Por lo tanto, para que la relación sea estable necesitamos que  $\partial \dot{X}_{(t)} / \partial E_t \rightarrow 0$  (Johnson, 1986).

16 Esta ecuación introduce rezagos temporales del tipo Lundberg (Burda y Wyplosz, 2005).

17 Esta ecuación introduce discontinuidades en el modelo. Es decir, el cambio se dará por brotes finitos en los que no aparece nada o bien ciertas cantidades surgen de golpe. Se puede utilizar la teoría de la discontinuidad.

la capacidad productiva instalada. Finalmente, en la ecuación (16) se asume que la reproducción física de la producción implica que la inversión neta debe ser mayor o igual que la depreciación.<sup>18</sup>

El modelo es más completo desde el punto de vista conceptual, sin embargo, se necesita un enorme esfuerzo para resolverlo analíticamente, ya que se requiere una solución nueva cada vez que un sector en el modelo encuentra una restricción (i.e., en cada fase de cambio). Una manera alternativa de abordar la solución del modelo multisectorial consiste en usar un enfoque sistémico, al simular el sistema desde una perspectiva general, analizar la evolución en el tiempo de las variables endógenas incluidas durante un periodo predefinido y verificar periódicamente los cambios de fase o discontinuidades.

## 5. SIMULACIÓN DEL MODELO MULTISECTORIAL REGIONAL DINÁMICO

El modelo intersectorial e inter-regional regional puede reformularse para fines de simulación con el programa Stella/IThink (versión 9.1.4). Para ello puede descomponerse en dos módulos. El primero denominado “formación de capital regional”, que introduce endógenamente el proceso de acumulación de capital sectorial al sistema. El segundo llamado “economía regional”, que genera las trayectorias temporales de los niveles sectoriales de producción y permite proyectar dichos niveles hacia el futuro si se conocen la tasa de crecimiento de las demandas finales autónomas y los niveles iniciales de las producciones sectoriales.

Las ecuaciones (12), (13), (14) y (16) son suficientes para describir el módulo de la formación de capital regional y pueden reescribirse como:

$$I_t = B(NEW_t + DEP_t) \quad (\text{Demanda de inversión bruta}) \quad (17)$$

$$NEW_t = \hat{k}(CAPDES_t - CAP_t) \quad (\text{Demanda de nueva inversión}) \quad (18)$$

$$DEP_t = \hat{d}(CAP_t) \quad (\text{Depreciación de capital}) \quad (19)$$

---

18 Esto equivale a que la inversión bruta sea igual o mayor que cero.

$$CAPDES_t = \alpha + \beta(CONS_t) \quad (\text{Capacidad deseada}) \quad (20)$$

$$NEW_t \geq -DEP_t \quad (\text{Reproducción física}) \quad (21)$$

Para fines del modelo la demanda sectorial de inversión tiene que ser desagregada según el origen y relacionada con la demanda según el destino. La ecuación (17) nos dice que el vector de demandas de inversión sectorial según el origen ( $I_t$ ), se compone de un vector de formación de nuevo capital según destino ( $NEW_t$ ) y un vector de depreciación según destino ( $DEP_t$ ), multiplicada por una matriz de distribución de las demandas de inversión según sectores de origen ( $B$ ). La ecuación (18) muestra la demanda nueva de inversión, donde  $k$  es una matriz diagonal con las relaciones sectoriales capital-producto (acelerador). La ecuación (19) muestra los requerimientos de la inversión de remplazo que se asume proporcional a la capacidad de producción existente ( $CAP_t$ ), donde  $d$  es una matriz diagonal de coeficientes sectoriales de depreciación. La ecuación (20) señala que la capacidad deseada de producción ( $CAPDESt$ ) es proporcional a la capacidad de producción actual. Mientras que la ecuación (21) nos dice que la reproducción física de la producción sectorial implica que la inversión bruta debe ser mayor o igual que la depreciación.

Las ecuaciones (8 a 11) y (15) permiten formular el módulo de la economía regional.

$$PDN_t = CONS_t + I_t + INV_t \quad (\text{Nivel de producción}) \quad (22)$$

$$INV_t = PDN_t - CONS_t - I_t \quad (\text{Inventarios no planeados}) \quad (23)$$

$$CONS_t = D_t + (Y_t - Y_t^{imp}) \quad (\text{Nivel de consumo}) \quad (24)$$

$$D_t = (A - \hat{M}) PDN_t \quad (\text{Demanda intermedia}) \quad (25)$$

$$PDN_t \leq CAP_t \quad (\text{Restricción de capacidad}) \quad (26)$$

La ecuación (22) establece que en equilibrio oferta ( $PDN_t$ ) es igual a demanda sectorial ( $CONSt$ ) más el cambio de los inventarios sectoriales no planeados ( $INV_t$ ) y el nivel sectorial de inversión ( $I_t$ ). La ecuación (23) señala que los inventarios sectoriales no planeados ( $INV_t$ ) son función de la demanda sectorial regional excedente ( $PDN_t - CONSt$ ). La ecuación (24) muestra que la demanda de producción sectorial es el agregado de la demanda intermedia ( $DIt$ ) y demanda final neta ( $DFt$ ). La ecuación (25) define a la demanda intermedia como la matriz de coeficientes técnicos netos ( $A-M$ ), multiplicada por el nivel de producción sectorial regional ( $PDN_t$ ). La ecuación (26) es una restricción de capacidad sectorial ( $CAPt$ ) que se incluye simplemente como el mínimo de los requisitos de producción y la capacidad productiva de cada sector.

De este modo el modelo intersectorial regional dinámico deberá permitirnos no sólo proyectar los niveles de producción sectorial regional ( $PDN_t$ ) sino también la formación endógena de capital sectorial regional ( $I_t$ ) indispensable para hacer las proyecciones de dicho crecimiento, al tomar en cuenta el crecimiento de las demandas finales autónomas ( $g$ ), las condiciones iniciales de producciones sectoriales ( $PDN_0$ ) y la restricción de capacidad instalada ( $CAPt$ ).

Para examinar y describir los fundamentos conceptuales del modelo se recurrió a la matriz de transacciones del estado de Baja California (Fuentes, 2005). Las cantidades en el cuadro 1 representan el valor de las transacciones intersectoriales en millones de pesos calculadas a precios del productor.<sup>19</sup>

---

19 En la mayoría de los países latinoamericanos se utilizan precios de comprador, que ofrecen grandes facilidades en el proceso de elaboración de la matriz, sin embargo, adolecen de serios defectos metodológicos. Por el contrario, los precios al productor son difíciles de aplicar, pero garantizan la consistencia (coherencia y homogeneidad) de las corrientes de transacciones. (Kozikowski (1988): 114).

**Cuadro 1.** Matriz de insumo-producto de Baja California

|                    | <b>S1</b> | <b>S2</b> | <b>S3</b> | <b>DI</b> | <b>CONST</b> | <b>GOBT</b> | <b>It</b> | <b>INVt</b> | <b>EPOt</b> | <b>DF</b> | <b>PDNt</b> |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| <b>S1</b>          | 3448.3    | 15448.3   | 110.3     | 19006.9   | 7739         | 13.6        | 413.2     | 884.4       | 1955.5      | 11005.7   | 30012.6     |
| <b>S2</b>          | 3648.4    | 29352.6   | 6140.5    | 39141.6   | 39968.3      | 659.9       | 20781.9   | 2743        | 3321        | 67474.1   | 106615.7    |
| <b>S3</b>          | 1554.3    | 13699.1   | 11756.7   | 27010     | 56318.5      | 5634.7      | 4392.8    | 0           | 715         | 67061     | 94071       |
| <b>Tot. Ins.</b>   | 8879.6    | 63297.2   | 18831.1   | 91007.8   | 103385.4     | 6374.5      | 28687.3   | 3978.3      | 7770.2      | 150195.6  | 241203.4    |
| <b>Salarios</b>    | 6397.4    | 18108.2   | 22822.2   | 47327.8   | 0            | 3941.9      | 0         | 0           | 0           | 3941.9    | 51269.7     |
| <b>Ganancias</b>   | 14388.1   | 22486.2   | 48504.5   | 85378.8   | 0            | 98.8        | 0         | 0           | 0           | 98.8      | 85477.6     |
| <b>Imp. Indir.</b> | 347.5     | 2724.2    | 3913.2    | 6984.8    | 0            | 17.5        | 0         | 0           | 0           | 17.5      | 7002.4      |
| <b>Val. Agreg.</b> | 21133     | 43318.6   | 75239.9   | 139691.5  | 0            | 4058.2      | 0         | 0           | 0           | 4058.2    | 143749.7    |
| <b>PDNt</b>        | 30012.6   | 106615.7  | 94071     | 230699.2  | 103385.4     | 10432.7     | 28687.3   | 3978.3      | 7770.2      | 154253.9  | 384953.1    |

Fuente: Información directa con base en Fuentes (2005).

Es importante observar que el cuadro 1 representa la clásica matriz de transacciones regionales. Toda la economía estatal está compuesta por 72 ramas industriales, sin embargo, para fines de este análisis está agregada en sólo tres sectores<sup>20</sup>.

En dicho cuadro, el sector primario (S1) incluye las primeras 10 ramas de actividad de la matriz original, el sector secundario (S2) agrega 51 ramas industriales y el sector terciario (S3) representa las restantes 11 ramas que están relacionadas con el comercio y los servicios.

Como se aprecia en el cuadro 1 cada sector aparece dos veces: como vendedor de sus productos a otros sectores y a los consumidores finales (renglones) y como comprador de insumos de otras industrias y de las economías domésticas (columnas).

Así, por ejemplo, la segunda fila y primer columna de la matriz de transacciones informa que el sector secundario vendió al sector primario productos suyos por un valor de \$3,648.4 millones. Las empresas que conforman el sector secundario se vendieron entre si, unas a otras, \$29,352.5 millones; al sector terciario \$6,140.6 millones, al sector de los hogares \$39,968.3, etc. En pocas palabras, el renglón 2 informa sobre el destino de los productos del sector secundario.

Por otro lado, la columna 2 explica la composición de los insumos del sector 2. Por ejemplo, la cantidad de \$15,448.3 millones (renglón 1, columna 2) es el valor de los productos del sector primario comprados por las empresas pertenecientes al sector secundario; \$29,352.5 millones el valor de los productos del sector secundario comprados por empresas pertenecientes al mismo sector y \$13,699.1 millones es el valor de los bienes y servicios del sector secundario comprados al sector terciario. El valor \$43,318.6 millones es el del valor agregado generado en el sector secundario.

Los insumos comprados a otros sectores se llaman insumos producidos. Los restantes insumos se denominan primarios (no producidos). Los últimos corresponden a los pagos por servicios de los factores de produc-

---

<sup>20</sup> Brevemente, el modelo insumo-producto está compuesto por tres tablas o matrices principales:

- matriz de transacciones
- matriz de coeficientes técnicos y
- matriz de coeficientes de interdependencia, denominada matriz de multiplicadores.

ción, tales como trabajo, capital y tierra, que constituyen el valor agregado. Adicionalmente, por razones técnicas o contables, los insumos primarios contienen importaciones e impuestos indirectos.

En síntesis respecto a la matriz de demanda intermedia regional (DI), en el cuadro cada renglón representa el papel de un sector como vendedor de bienes y servicios a compradores intermedios y finales. Cada columna representa el sector o rama de actividad en su papel de comprador de insumos producidos e insumos primarios.

En el mismo cuadro se plasma la demanda final (DF), típicamente compuesta por consumo privado o de los hogares (CONSt), gastos de gobierno (GOBt), inversión (It) y exportaciones netas (EXPt). Es importante advertir que, si la columna de inversión representa la formación bruta de capital (F de K), entonces se debe especificar el desgaste de capital por concepto de depreciación (d).

Así, por ejemplo, el valor \$39,968.3 millones representa el consumo final, por parte de las familias u hogares, de los bienes producidos por el sector secundario. La cantidad de \$1,955.5 millones son las exportaciones del sector primario; la inversión total es igual a \$28,687.3 millones, \$884.4 es el valor de la acumulación de inventarios involuntarios (INVt), etc. La suma de todos los componentes de la demanda final representa casi 90% del producto nacional bruto (PDNt).

Si se parte de la matriz de transacciones se puede realizar el análisis cuantitativo del cuadro de demanda intermedia regional. La estructura de costo unitario de todos los sectores productivos a nivel regional nos remite a la matriz de coeficientes técnicos (cuadro 2). Los elementos de la matriz de coeficientes técnicos se obtienen dividiendo todos los elementos de la matriz de demandas intermedias e insumos producidos y primarios entre los totales de las columnas correspondientes.

**Cuadro 2.** Matriz de coeficientes técnicos regionales (matriz A)

|                             | S1       | S2       | S3       | DI       |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>S1</b>                   | 0.114895 | 0.144897 | 0.001173 | 0.082388 |
| <b>S2</b>                   | 0.121562 | 0.275312 | 0.065275 | 0.169665 |
| <b>S3</b>                   | 0.051788 | 0.12849  | 0.124977 | 0.117079 |
| <b>Total insumos</b>        | 0.295862 | 0.593695 | 0.20018  | 0.394487 |
| <b>Salarios</b>             | 0.213157 | 0.169846 | 0.242606 | 0.205149 |
| <b>Ganancias</b>            | 0.479402 | 0.210909 | 0.515616 | 0.370087 |
| <b>Impuestos indirectos</b> | 0.011578 | 0.025552 | 0.041598 | 0.030277 |
| <b>Valor agregado</b>       | 0.704138 | 0.406306 | 0.79982  | 0.605514 |
| <b>VBP</b>                  | 1.00000  | 1.00000  | 1.00000  | 1.00000  |

Fuente: elaboración propia con base en Fuentes (2005).

La interpretación de los elementos de la matriz de coeficientes técnicos es muy sencilla. Por ejemplo, por cada peso de valor del producto regional del sector secundario, éste compra 14.5 centavos de insumos del sector primario, 12.9 centavos del sector terciario, paga a sus obreros o trabajadores aproximadamente 17 centavos, genera un valor agregado de 41 centavos, etc.

Con base en el modelo dinámico, y como se estableció anteriormente, se hizo una diferenciación sectorial de las tasas de depreciación de la inversión sectorial ( $d1= 0.06$ ,  $d2= 0.05$  y  $d3= 0.02$ ), a la matriz de coeficientes técnicos regionales se le sustrajeron las importaciones competitivas en la diagonal principal y se asumió que las demandas finales autónomas crecen 5 % ( $g = 0.05$ ).<sup>21</sup> Adicionalmente, se consideró que en el sector primario se genera un impacto en la demanda final autónoma de 5 % del valor de su producción.<sup>22</sup>

- 
- 21 Un enfoque para el tratamiento del comercio exterior en el modelo regional intersectorial consiste en la incorporación de las importaciones competitivas en la diagonal de la matriz de coeficientes de interdependencia. Esto se realiza adoptando el supuesto de que las importaciones competitivas de cada sector (si) son proporcionales al nivel de actividad de dicho sector (ecuación 2).
- 22 Establecemos un escenario de simulación diseñado para observar el movimiento de las variables del sector primario debido a que es el sector que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada, dado un cambio exógeno en su demanda final.

Estos parámetros deberían permitirnos proyectar los niveles sectoriales de producción (PD<sub>t</sub>) hacia el futuro al tomar en cuenta no sólo el crecimiento de las demandas finales autónomas (g), la restricción de capacidad (CAP<sub>t</sub>) y valores iniciales de producciones sectoriales (PD<sub>0</sub>), sino también la formación endógena de capital sectorial (It), indispensable para hacer posible dicho crecimiento sectorial. No obstante, para averiguar si las proyecciones del modelo intersectorial regional tienen algún sentido se propuso compararlo con alguna pauta “razonable” de crecimiento de las producciones sectoriales (PD<sub>pt</sub>). En particular, se asumió que un comportamiento razonable podría consistir en un crecimiento uniforme de los valores iniciales de las producciones sectoriales (PD<sub>0</sub>) según la misma tasa de crecimiento que las demandas finales autónomas (g). Algebraicamente se puede escribir como:

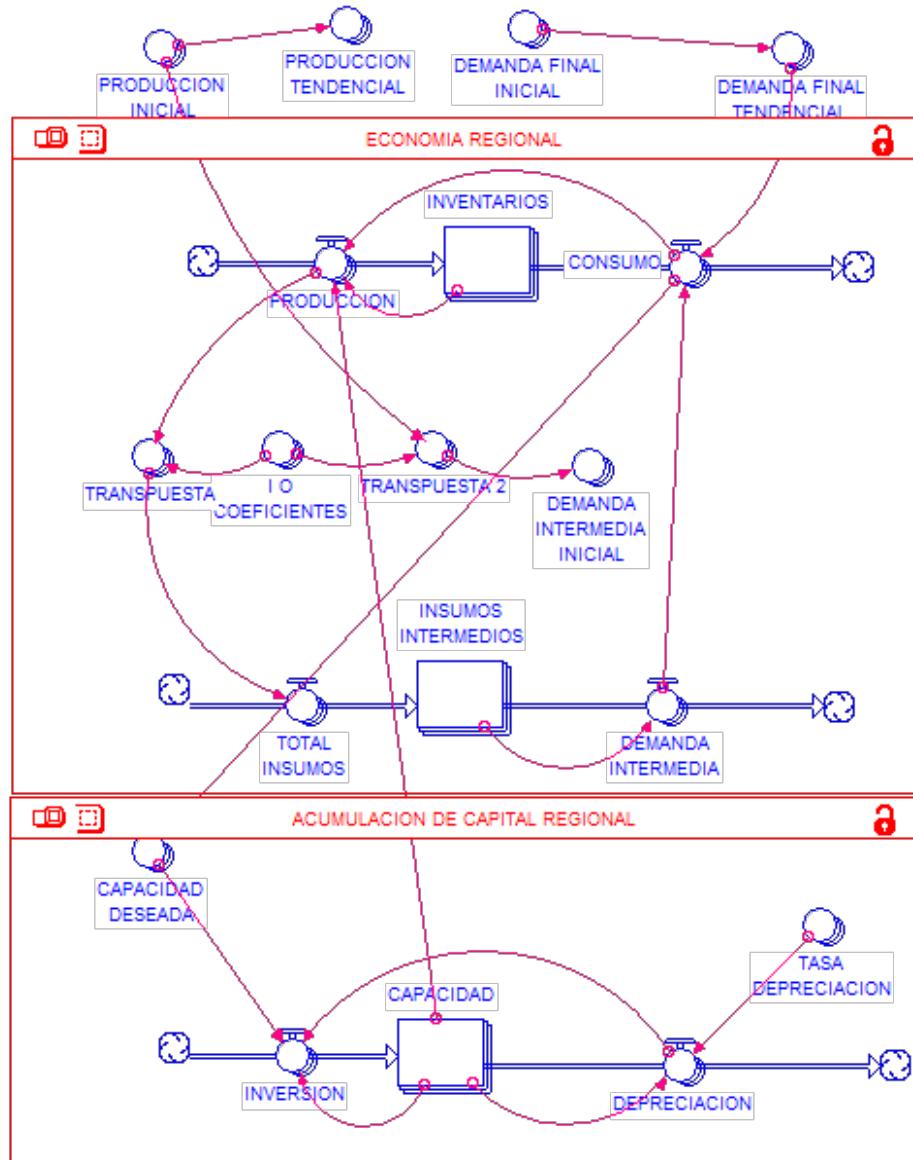
$$PDN_t^p = PDN_0(1+g)^t \quad (27)$$

De este modo podremos examinar la dinámica del modelo intersectorial regional para cada sector con el patrón de crecimiento proporcional en el tiempo, y tratar de comparar los resultados de ambas proyecciones.

Para la reproducción del comportamiento del modelo regional intersectorial se usa el software STELLA/IThink (9.1.4). La gráfica 1 exhibe diagramáticamente la estructura de relaciones del modelo, donde cada círculo empalmado (tres de ellos) representa una variable en forma matricial y tiene una especificación numérica, si se trata de un valor inicial, o expresión algebraica, si se obtiene a partir de otras variables. Los rectángulos muestran las variables acumuladas y las flechas de mayor grosor representan los flujos de crecimiento o transferencia de material. Finalmente, las flechas de menor grosor muestran la ruta a través de la cual el flujo de información fluye por el sistema dinámico.<sup>23</sup>

---

23 Para fines de interpretar la gráfica hay que diferenciar entre dos tipos de ecuaciones que distinguen a la simulación dinámica. Un tipo de ecuación es la que identifica una relación acervo-flujo (rectángulos) mediante la cual se especifica el movimiento dinámico (i.e., ecuaciones 9, 11, 12 y 14). El otro tipo de ecuación, correspondiente a todas las demás del modelo, señala una relación causal (círculos) en donde la variable del lado izquierdo es afectada por la del lado derecho y las constantes.

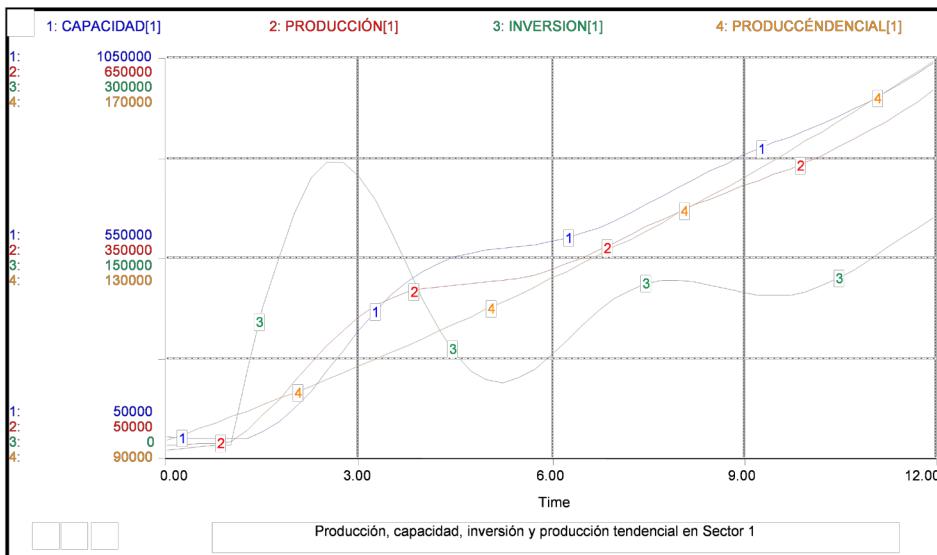
**Gráfica 1.** Diagrama de los módulos núcleo del modelo regional dinámico

Fuente: modelo elaborado por los autores.

En las gráficas 2, 3 y 4 se muestran las trayectorias de los niveles sectoriales de producción ( $PD_{Nt}$ ), la formación de capital sectorial regional ( $I_t$ ), las limitaciones de capacidad instalada sectorial ( $CAP_t$ ) y el nivel de producción tendencial ( $X_{pt}$ ); cuando todos los sectores crecen a una tasa proporcional constante ( $g$ ) y se conocen los niveles iniciales de producción sectorial ( $X_0$ ).

Es importante observar en primer lugar el movimiento de las variables del sector primario ( $S1$ ) ya que es el sector que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada, dado un cambio exógeno en su demanda final.

**Gráfica 2.** Producción, capacidad, inversión y producción tendencial del S1



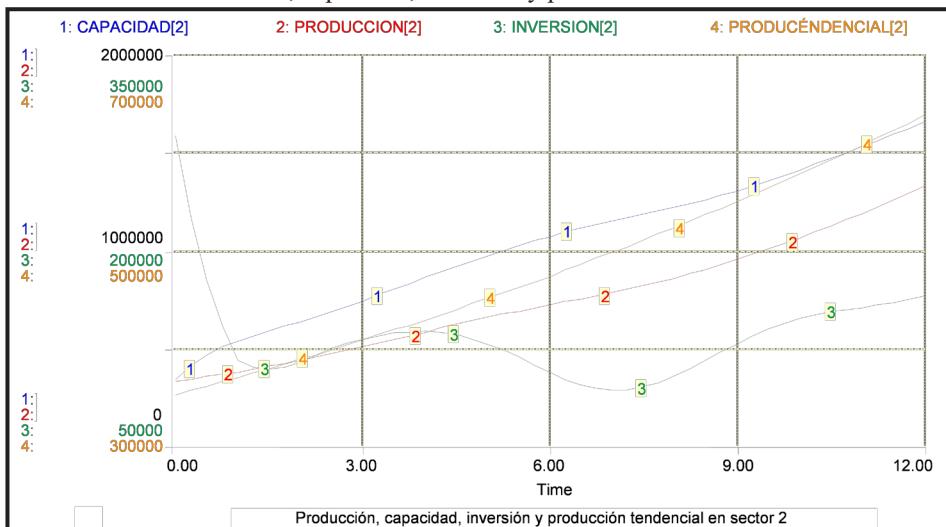
Fuente: Elaboración propia.

Al comparar la dinámica del modelo intersectorial regional con el patrón de crecimiento proporcional (producción tendencial) en el sector primario se puede constatar lo siguiente:

- Las proyecciones del modelo dinámico a corto, mediano y largo plazo, son razonables.
- La restricción de la capacidad instalada en el sector primario determina el máximo de producción de dicho sector en el corto plazo.

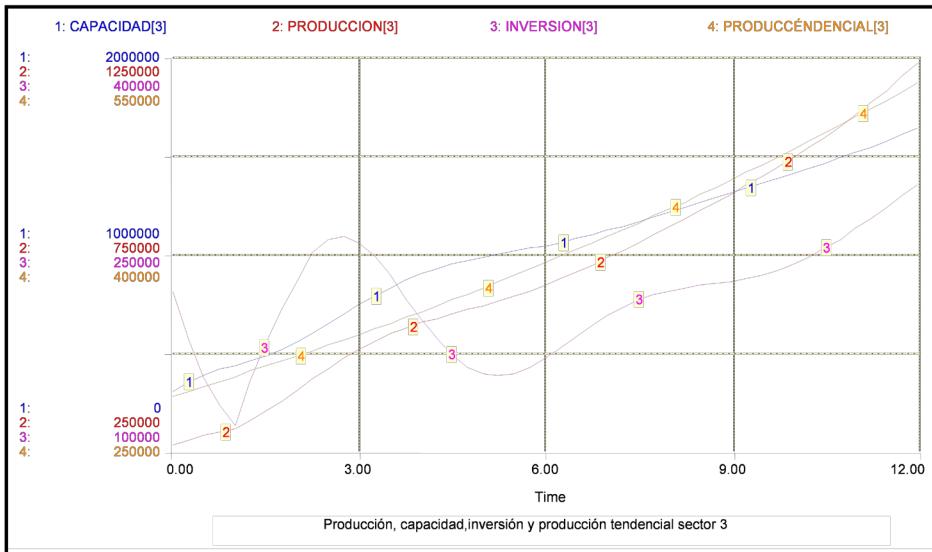
- c) El valor requerido de producción al inicio es igual a la capacidad instalada, sin embargo, debido al crecimiento de la demanda final y al impacto autónomo sectorial de 5% del valor de su producción, el valor de producción es mayor a la capacidad instalada en el corto plazo. Es decir, existe un exceso de demanda regional.
- d) La expansión de la inversión (motivada por el aumento de producción sectorial) incrementa la capacidad de producción en el mediano plazo, la cual está sujeta a un mayor número de rezagos que la producción sectorial.
- e) Posteriormente, la capacidad instalada continúa incrementándose hacia su nivel deseado, a pesar de la disminución de la inversión.
- f) En el sector hay diferencias significativas en el corto plazo entre las trayectorias dinámicas del modelo y el patrón de crecimiento tendencial. Pero a mediano plazo las diferencias desaparecen.
- g) La solución del modelo parece más “realista” que la solución de crecimiento proporcional constante, porque toma en cuenta la formación de capital inducida por el crecimiento de la demanda final y el impacto autónomo sectorial de 5 % del valor de la producción.

**Gráfica 3.** Producción, capacidad, inversión y producción tendencial del sector 2



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 4.** Producción, capacidad, inversión y producción tendencial del sector



Fuente: Elaboración propia.

Del movimiento de las variables en el sector secundario (S2) y terciario (S3) se destaca que:

- El comportamiento del modelo multisectorial regional es del todo razonable en el periodo.
- En los sectores secundario y terciario no se enfrentan restricciones de capacidad instalada en el corto plazo dada la trayectoria de los niveles de producción vinculados con la demanda exógena, siempre y cuando la demanda final autónoma crezca a un ritmo constante y no existan impactos sectoriales exógenos.<sup>24</sup>
- En el sector terciario el valor requerido de producción al inicio es menor a la capacidad instalada, por lo que no se genera un cuello de botella en la producción en el corto plazo.

24 La realidad, los diversos componentes del vector de demanda final no crecen al mismo ritmo y, como consecuencia, las trayectorias del valor de la producción serán más complicadas que las presentadas.

- d) En el sector secundario el valor requerido de producción al inicio es igual a la capacidad instalada. Sin embargo, la diferenciación sectorial de la tasa de depreciación tendrá un impacto ligero sobre las trayectorias dinámicas de la función de inversión en los primeros periodos. A plazos más largos el efecto no existirá.
- e) Este resultado difiere para el sector terciario ya que la diferenciación sectorial de la tasa de depreciación genera un comportamiento oscilatorio de la inversión a corto plazo. No obstante, a plazos más largos el efecto será considerable.
- f) Esto quiere decir que la diferenciación sectorial de las tasas de depreciación tendrá impactos en la trayectoria de la inversión total.
- g) En los sectores secundario y terciario las proyecciones basadas en el patrón de crecimiento constante del nivel de producción coinciden con la proyección de los niveles de producción sectorial en el mediano plazo.
- h) Por último, respecto a los sectores secundario y terciario se comprueba la consistencia del movimiento de las variables del sector primario, ya que es el que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada dado un cambio exógeno en la demanda final.

Como resultado de lo anterior, podemos señalar que la simulación del modelo multisectorial regional dinámico produce un comportamiento que puede ser considerado satisfactorio desde el punto de vista del conjunto de hipótesis formuladas: restricción de capacidad instalada por sector y por periodo, rezagos en las relaciones intersectorial y efectos inerciales en el proceso de inversión.<sup>25</sup>

De esta manera, el modelo intersectorial dinámico permite tratar a los bienes de capital como factores primarios que aportan productividad, y no como componentes de la demanda final. Adicionalmente, el enfoque sistémico permite solucionar satisfactoriamente algunos problemas del modelo relacionados con: (1) el grado de utilización de la capacidad instalada, (2) los efectos inerciales del proceso de inversión, y (3) los retardos en las relaciones intersectoriales.

---

<sup>25</sup> Incluso si el comportamiento no es satisfactorio desde el punto de vista de algunas pautas históricas (según una valoración subjetiva) es posible modificar los valores de los parámetros y la forma de las relaciones funcionales. Este procedimiento se puede repetir hasta lograr un comportamiento “más adecuado” del modelo.



Ahora bien, las gráficas 2, 3 y 4 no sólo demuestran los comportamientos de los sectores desde el punto de vista del conjunto de hipótesis formuladas, sino también muestra los efectos temporales de los multiplicadores (o multiplicadores dinámicos).<sup>26</sup>

Es posible, como en el modelo estático, la cuantificación de los multiplicadores. Estos multiplicadores dinámicos, sin embargo, reflejan no únicamente la magnitud del impacto económico, sino, asimismo, el tiempo en el que ocurre. Los multiplicadores dinámicos pueden ser estimados a partir del modelo propuesto. Dichos multiplicadores corresponden a los multiplicadores estáticos tipo II debido a que incluyen los vectores de ingresos y consumo dentro de la matriz de transacciones regionales (modelo cerrado).<sup>27</sup> El resultado se debe a que el principio del acelerador reconoce que cualquier cambio habido (o esperado) en la producción requiere de un mayor acervo de capital, en el cual en su turno requiere de mayores niveles de capital de re-emplazo (depreciación).

El modelo dinámico provee al analista de mayor información. Además de los niveles de equilibrio, el modelo predice la trayectoria temporal de los niveles iniciales de las variables hacia los niveles finales. De igual forma, el modelo muestra las relaciones líderes y rezagadas entre las variables, exhibe los efectos del grado de utilización de la capacidad instalada sobre la producción y el nivel de inversión endógenamente. De esta manera, para muchos propósitos, las características dinámicas señaladas son piezas clave en los análisis de impactos económicos. El cuadro 3 muestra para nuestro caso los multiplicadores dinámicos de producción.

---

26 Este modelo demuestra la relación entre el modelo de equilibrio estático y el modelo de desequilibrio dinámico, esto es, el último encuentra la “trayectoria de reacción” de un equilibrio estático a otro. Por supuesto, dado cualquier equilibrio estático, su trayectoria puede ser aproximada de manera asintótica. Aquí es importante resaltar que la experimentación ha demostrado que el uso del supuesto de Leontief relativo a una respuesta instantánea (equilibrio instantáneo) hace que el modelo sea inestable e incapaz de generar una trayectoria temporal.

27 En general, los multiplicadores estáticos de insumo producto se clasifican como multiplicadores de producción, de ingreso y de empleo. A su vez, los multiplicadores de ingreso y empleo se subdividen en dos tipos: aquéllos que consideran únicamente los efectos directos e indirectos de los cambios en cualquiera de los componentes de la demanda final y aquellos que, además, incluyen el impacto sobre el ingreso y empleo inducidos por cambios en el consumo. En otras palabras, los multiplicadores tipo II miden los impactos directos, indirectos e inducidos sobre el ingreso y empleo ocasionados por un cambio en la demanda final, excluye de ésta el consumo.

**Cuadro 3.** Multiplicadores dinámicos de un incremento en la demanda agregada

| Tiempo | PDNt Escenario base | PDNt Estimado | PDNt Debido al aumento en DA | Multiplicador dinámico |
|--------|---------------------|---------------|------------------------------|------------------------|
| 0      | 384953.1            | 384953.1      | 0                            |                        |
| 1      | 384329.9            | 415284.0      | 30954.1                      | 1.55                   |
| 2      | 384537.6            | 443952.9      | 59415.3                      | 3.10                   |
| 3      | 384537.6            | 446445.9      | 61908.3                      | 3.09                   |
| 4      | 384537.6            | 446445.9      | 61908.3                      | 3.10                   |
| 5      | 384537.6            | 446238.1      | 61700.5                      | 3.09                   |

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, tenemos que establecer que hay fortalezas en la modelación multisectorial dinámica regional. Estas ventajas están relacionadas básicamente con los supuestos del modelo, los recursos técnicos disponibles para estimarlos y con las preguntas que se quieren responder regionalmente.

En primer lugar, se contempla la inclusión del supuesto implícito en los modelos de insumo producto relativo a que la actividad económica está determinada por el nivel de la demanda final, en particular, por el gasto de los hogares, el gasto de gobierno y las exportaciones, que son componentes muy relevantes en una economía abierta. En general, mientras más pequeña es una economía regional, más especializada es su base económica, consecuentemente, es más abierta.

En segundo lugar, se tiene que el modelo insumo producto es apropiado a nivel regional porque asume que los precios son exógenos, los niveles salariales y hasta, la tasa de interés. Adicionalmente, las restricciones del grado de capacidad sectorial y oferta de trabajo son muy serias, aunque no necesariamente más que las enfrentadas a nivel nacional.

En tercer lugar se considera un amplio rango de preguntas típicamente planteadas a nivel regional. ¿Cuál es el efecto local de una aumento del gasto o un incremento de las exportaciones? ¿Cuál es el impacto local del establecimiento de una empresa clave en la economía? ¿Cuanta producción es atribuida a una industria en particular? ¿Cómo se afecta el producto interno bruto regional si se establece una política federal? Estas son una pequeña muestra de la clase de preguntas que se necesitan responder en el ámbito regional.

En general, el modelo multisectorial dinámico regional ofrece responder a las anteriores preguntas, considera el comportamiento trazado por las variables clave en el tiempo e incluye los movimientos de todas las relaciones líderes y rezagadas entre estas variables claves; lo cual dará una respuesta de largo plazo más acertada a la preguntas anteriores.<sup>28</sup>

En cuarto lugar, en cuanto a los recursos técnicos, tenemos que el creciente poder y el costo cada vez más reducido de las computadoras hacen suponer que la técnica de la simulación tenga un gran futuro. De hecho, los modelos de simulación pueden utilizarse cuando un sistema como el presentado no puede ser expresado de manera analítica o cuando los modelos analíticos resultan imposibles de resolver.

Por supuesto, existen debilidades en la modelación dinámica de insumo producto regional. La principal es que hay un costo directo con el mayor poder de análisis. La recopilación y el procesamiento de la información estadística necesaria es mayor. La estimación de los coeficientes capital-producto, los coeficientes de depreciación sectorial y los coeficientes de crecimiento de la demanda agregada son información adicional a la tabla de insumo producto estática.

## 6. CONCLUSIONES

En los últimos años la ciencia económica ha mostrado un enorme interés por conocer la dimensión temporal de prácticamente todos los fenómenos. Esto no es una excepción para los analistas del modelo de insumo producto. Al incluir Leontief el proceso de formación del capital en el modelo intersectorial fue posible transformarlo en un modelo inter-temporal.

Sin embargo, el problema de formación del capital/inversión es sumamente complejo y la propuesta inicial de Leontief fue bastante simple. Por esta razón, algunos problemas del modelo multisectorial dinámico han

---

28 El modelo insumo producto dinámico deberá superar en predicción al modelo estático al incluir la trayectoria temporal de las variables clave. El equilibrio de largo plazo predicho por el modelo dinámico, idéntico al modelo estático al inicio, es más preciso debido a que de manera endógena se determina el efecto acelerador de un cambio en los niveles de inversión. De hecho, el equilibrio estático será equivalente al dinámico sólo si el nivel de inversión es el mismo que nivel de inversión determinado de manera exógena.

esperado una solución satisfactoria, por ejemplo, en lo relacionado con lo siguiente: (1) el grado de utilización de la capacidad instalada cambia considerablemente de un sector a otro y de un periodo a otro; (2) existen importantes efectos inerciales del proceso de inversión y (3) hay retardos en las relaciones intersectoriales.

Adicionalmente, el enfoque analítico usado por este autor para agregar el tiempo presenta el inconveniente de que el conocimiento pormenorizado de las partes del modelo multisectorial inter-temporal puede llevarnos a que la solución se obtenga únicamente con un gran esfuerzo.

La simulación dinámica es una técnica de uso reciente para modelar y estudiar el comportamiento de cualquier clase de sistema que tenga un comportamiento cíclico debido a efectos inerciales o de rezagos y a efectos retroactivos o bucles de retroalimentación. Estas características del enfoque sistémico lo hacen ideal para tomar en cuenta la complejidad del proceso de inversión, las restricciones de la capacidad sectorial instalada y, sobre todo, la estructura de retrasos involucrada en las relaciones intersectoriales. Además, el enfoque es útil cuando el modelo analítico resulta imposible de resolver.

En cuanto al modelo intersectorial inter-temporal, la más obvia extensión es introducir la dimensión espacial. Como mínimo, el tratamiento del espacio se puede aproximar incorporando el comercio regional. La nueva interpretación del modelo intersectorial regional dinámico es que los efectos de interdependencia abarcan temporalmente no nada mas los sectores regionales, sino también las importaciones regionales competitivas.

Por último, en fechas recientes ha resurgido en México un interés por la construcción de matrices multisectoriales regionales. No obstante, en todos los casos, la matriz intersectorial regional ha sido vista como un instrumento que proporciona sólo una base para la programación económica y la proyección, pero en ningún caso se ha empleado en la elaboración de modelos dinámicos de simulación. De esta manera, el modelo multisectorial regional presentado permitirá a los analistas e instituciones públicas y privadas contar con un nuevo instrumento que facilitará el conocimiento y la comprensión del mundo de las relaciones intersectoriales dinámicas, en una compleja y heterogénea realidad regional en el país.

## REFERENCIAS

- Albornoz, Lilian, R. Canto y J. Becerril. 2012. “La estructura de las interrelaciones productivas de la economía del estado de Yucatán. Un enfoque de insumo-producto”, *Región y Sociedad*, 54: 136-174.
- Armenta, A. et al. 2007. Modelo insumo-producto. Integración de la matriz insumo-producto, Colección José María Pino Suárez. Estudios Regionales y Desarrollo, CISE, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Blanc Díaz, Mariano y Carmen Ramos. 2002. Revisión de los fundamentos del input output dinámico, Facultad de Ciencias Económicas, Oviedo.
- Burda, Michael y Ch. Wyplosz. 2005. Macroeconomics: A European Text, Oxford University Press.
- Callicó, Josefina, J. González y L. Sánchez. 2003. La matriz interregional del centro-occidente de México, en J. Callicó, R. Bouchain, A. Mariña y J. González (comps.), Insumo-producto regional y otras aplicaciones, México, UAMA, IIES, UNAM, U de G, pp. 409-416.
- Chapa, Joana. E.A. Ayala e I.D. Hernández. 2009. “Modelo de insumo-producto para el noreste de México”, *Ciencia UANL*, XII(4): 409-416.
- Cruz, Roberto. 2008. Matriz de insumo-producto de la economía de Oaxaca e identificación de sus flujos intersectoriales más importantes, tesis de maestría en Economía Regional, Universidad Autónoma de Coahuila.
- Dávila, Alejandro. 2002. “Matriz de insumo-producto de la economía de Coahuila e identificación de sus flujos intersectoriales más importantes”, *Economía Mexicana, Nueva Época*, XI(1): 79-162.
- Fuentes, Noé A. 2005. “Construcción de una matriz regional de insumo-producto”, *Problemas del Desarrollo*, 36(140): 89-112.
- Leontief, Wassily. 1953. *Dynamic Analysis: Studies in the Structure of the American Economy: Theoretical and Empirical Experiments in Input-Output Analysis*, editado por Wassily Leontief et al. Oxford University Press, 1953.
- López, Elena y S. Martínez. 2000. Iniciación a la simulación dinámica: aplicaciones a sistemas económicos y empresariales, Ariel Economía, Barcelona.

- Johnson, Thomas. 1986. "A dynamic input-output model for small regions". *Review of Regional Studies*, 16(1): 14-23.
- \_\_\_\_\_, J. Bryden, K. Refsgaard y S. Alva. 2008. A system dynamics model of agriculture and rural development: The TOPMARD core model, 107th EAAE Seminar, España (mimeo)
- Kozikowski, Zbigniew. 1988. *Técnicas de planificación macroeconómica*, Trillas, México.
- Se-Hark Park. 1975. "Dynamic regional input-output model with time varying coefficients: a theoretical framework", *Journal of Regional Analysis and Policy*, 1(1): 76-86.
- Rosales, Gregorio. 2010. Regionalización de la matriz de insumo producto para Michoacán 2003 y análisis económico estatal, protocolo de investigación, Centro de Investigaciones Socioeconómicas, Universidad Autónoma de Coahuila, México (mimeo).
- Ryaboshlyk, Volodymyr. 2005. A dynamic input output model with explicit new and old technologies, Institute for Reforms, Ukrانيا (mimeo).