

*Editorial*

*Análisis de la Estructura  
del Sector Agua en Nuevo León  
y sus Relaciones Intersectoriales.  
(primera parte)*

Ramón G. Guajardo Quiroga  
Patricia I. García López  
*página 1*

*Bilbao y Monterrey (1870-1914)  
Empresariado, industria y desarrollo  
regional en la periferia. (segunda parte)*

Mario Cerrutti  
Jesús María Valdaliso  
*página 7*

*Facultad de Economía:  
a 45 Años de su Fundación*  
María Guadalupe Martínez Martínez  
*página 18*

*Índice de precios al consumidor  
correspondiente a mayo y  
junio de 2002*  
*página 27*

# Entorno Económico

# **A** *nálisis de la Estructura del Sector Agua en Nuevo León y sus Relaciones Intersectoriales.* (primera parte)

*Ramón G. Guajardo Quiroga \**

*Patricia I. García López \*\**

*Facultad de Economía, UANL*

## **Introducción**

*En este estudio se construye un modelo regional de insumo-producto para el estado de Nuevo León, el cual se caracteriza por sufrir frecuente escasez de agua.*

*El modelo que se propone enfatiza las interrelaciones económicas del sector agua con los demás sectores de la economía.*

En este estudio se construye un modelo regional de insumo-producto para el estado de Nuevo León, el cual se caracteriza por sufrir frecuente escasez de agua. Partiendo de la problemática que la escasez del recurso representa para la entidad, el modelo que se propone enfatiza las interrelaciones económicas del sector agua con los demás sectores de la economía. Dado que el impacto económico de la escasez en la oferta de agua está determinado por las interrelaciones económicas entre el sector agua y los sectores procesadores, manufactureros, comerciales, servicios, etc., que la demandan como insumo, y el sector familias que la requieren como producto de consumo final, la planeación del desarrollo económico del Estado así como la satisfacción del abasto de agua reclaman el conocimiento de estas interrelaciones.<sup>1</sup>

Se plantea que en regiones donde el recurso agua es particularmente escaso, la cuantificación de los impactos económicos derivados de los análisis de insumo-producto en los que el agua forma parte del sector Electricidad, Gas y Agua, pueden subestimar la importancia económica del agua, como resultado de los sesgos de la agregación.<sup>2</sup> Por tanto, se diseñan tres niveles de desagregación del Agua y se comparan los resultados en términos de interrelaciones del agua con el resto de la economía. El primer escenario incluye el agua como parte del sector Electricidad, Gas y Agua. En el segundo el sector Agua se deslinda del sector Electricidad y Gas. En el tercero el sector Agua se desagrega en cuatro tipos de agua: Agua Potable, Agua Residual, Agua Subterránea y Agua Negra. De la solución de estos escenarios se analizan los impactos económicos en el producto, ingreso y empleo resultantes de cambios en la demanda de agua.

---

\*Maestro-investigador de tiempo completo de la Facultad de Economía de la UANL.

\*\* Egresada de la Facultad de Economía de la UANL.

Enviar correspondencia a la dirección: Loma Redonda 1515 Pte. Col. Loma Larga, Monterrey, N. L., México, CP 64710. Tel. y Fax. (81) 8342-0332, Correo electrónico: [rguajard@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:rguajard@ccr.dsi.uanl.mx).

La principal contribución del modelo de insumo-producto con énfasis en el sector Agua para el estado de Nuevo León es la cuantificación de los efectos directos y de los efectos indirectos e inducidos los cuales se generan a través de la economía de la región, resultante de incrementos en la demanda final.<sup>3</sup>

En este estudio se gana precisión en la especificación de los impactos económicos tanto del sector Agua como de la desagregación de éste en 4 de sus componentes principales.

En los estudios para decidir la manera de cómo incrementar la oferta del agua, por ejemplo, reciclar el agua versus construir un nuevo embalse o perforación para buscar agua subterránea, etc, los análisis de impacto regional son importantes y en muchos casos determinantes para decidir el proyecto que deberá ser seleccionado.

La metodología de beneficio-costos (B-C) es una herramienta útil y se complementa con estudios de impacto económico en los cuales se utiliza la metodología de insumo-producto (Elder y Butcher, 1989).

Aunque los efectos indirectos e inducidos no se analizan en los estudios de B-C, dado que éstos comparan sólo costos directos con beneficios directos, sí juegan un papel importante; y, frecuentemente, son determinantes en la evaluación de un proyecto en el ámbito regional al ofrecer una visión más amplia y complementaria a los estudios tradicionales de B-C.

Este artículo consta de 6 secciones: La segunda proporciona un panorama del problema de la escasez de agua en el estado de Nuevo León. En la tercera se presenta de manera concisa la metodología de insumo-producto. La cuarta sección expone la construcción del modelo de insumo-producto con énfasis en el sector agua para el estado de Nuevo León. En la quinta se muestran los resultados. Finalmente, en la sexta se remarcan las conclusiones más relevantes.

## **Antecedentes de la Importancia del Agua en Nuevo León**

El incremento persistente de la escasez de agua es una de las mayores preocupaciones en el estado de Nuevo León, entidad federativa que se localiza en el Noreste de México. La disminución en el abasto del recurso se manifiesta en diferentes formas, probablemente una de las más claras es el incremento de conflictos sociales en relación con la forma en que el agua es asignada.<sup>4</sup> Además, las oportunidades para aumentar el abasto son cada vez más limitadas y requieren de mayores costos tanto de negociación como de inversión en infraestructura.

El agua es un recurso fundamental en la economía del estado de Nuevo León, entidad que mantiene, como amenaza para su crecimiento económico y al bienestar de sus habitantes, una constante escasez del líquido resultante de las condiciones climáticas e hidrográficas de la región. Para incrementar el abasto de agua en Nuevo León el gobierno ha recurrido a grandes inversiones en obras hidráulicas, entre otras, la construcción de la presa "Cerro Prieto" con un costo de más de 178 millones de pesos de 1999 y la presa "El Cuchillo" con erogación aproximada a los 5 mil millones de pesos de 1999. Con estas presas la capacidad potencial de almacenamiento se incrementó de 40 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) a más de 2 mil millones de m<sup>3</sup>. Y la capacidad potencial de abasto pasó de 6,500 litros por segundo (lps) a más de 18,000 lps (Oaxaca, Guajardo y Ozuna, 1997).

En años recientes se puso en marcha el proyecto Monterrey IV, dentro del cual, con una inversión de más de 469 millones de dólares de 1996, se construyeron y pusieron en marcha 3 plantas de tratamiento de aguas residuales, con las que se pretende reciclar 8,000 lps de agua residual en promedio. Esto contribuiría al ahorro de líquido y ayudaría a disminuir su escasez.<sup>5</sup>

Sin embargo, a la fecha, el abasto de agua no ha podido satisfacer permanentemente la demanda ya que éste depende además de factores aleatorios, como la precipitación pluvial, y por

otras causas, como derechos de propiedad.<sup>6</sup> En la actualidad el abasto real de agua potable en el Área Metropolitana de Monterrey es de 9,500 lps, mientras que la demanda es por 12,889 lps.<sup>7</sup> Con frecuencia, cuando la capacidad de abasto se ve amenazada por las sequías, se recurre al racionamiento y al servicio discontinuo de agua como estrategia de ahorro. En ocasiones los cortes programados en el suministro han llegado a ser de hasta 16 horas diarias (Oaxaca, Guajardo y Ozuna, 1997).

Tradicionalmente, la estrategia utilizada para incrementar el abasto del agua ha sido la construcción de embalses y áreas de captación de escurrimientos. Sin embargo dado que esto es cada vez más costoso, otras alternativas tales como el reciclaje de agua parecen ser cada vez más atractivas (Mei, Guisheng y Xianglan, 1991; Quadri, 1999; Guajardo, 1999).

El agua es un recurso de gran importancia en esta región. Por lo tanto, contar con más y mejor información para evaluar proyectos que incrementen su oferta seleccionando las alternativas más eficientes y además compatibles con un desarrollo sustentable es de central importancia.

### **Metodología para el Análisis Económico del Agua**

El problema de cuantificar el valor del agua para alcanzar su asignación eficiente ha sido el enfoque de numerosos estudios, entre otros se citan los trabajos de Briscoe (1996); Waughray, Moran y Lovell. (1997) y de Oaxaca, Guajardo y Ozuna, (1997). Esos estudios pretenden determinar el valor directo del recurso medido, principalmente, en función de la disponibilidad a pagar resultante de la aplicación de la metodología de Valuación Contingente.<sup>8</sup> Sin embargo, los estudios de impacto regional del Agua, en los que el objetivo es estimar el efecto en la actividad económica resultante de la escasez de agua o de reasignaciones de ésta han sido modelados con menos frecuencia. El enfoque de analizar las interrelaciones económicas del agua

adquiere mayor relevancia cuando la escasez del agua es un factor limitante que amenaza al crecimiento económico de la región.

Los modelos interindustriales de insumo-producto han sido utilizados, con relativa frecuencia, para el análisis de los sistemas de agua. Entre otros trabajos se citan: el de Mei, Guisheng y Xianglan (1991), quienes aplicaron esta metodología para analizar el sistema urbano de agua de Beijing; el de Anderson, García y Lichty (1989), quienes además incorporaron al modelo de insumo-producto la programación lineal para estudiar el sistema de agua del estado de Minnesota en los Estados Unidos y el de Xikang (2000) quien utilizó un modelo de insumo-producto combinado con programación lineal y una función de producción translogarítmica para determinar el valor del agua para la provincia de Shanxi en China. Con relación al problema del agua en México y en particular para el estado de Nuevo León no se encontró evidencia de estudios en los cuales se enfoque el análisis del problema del agua mediante el uso de modelos interindustriales.

En mayor o menor grado, toda empresa o institución actúa al mismo tiempo como compradora y vendedora frente a otras unidades o empresas económicas, resultando en una intrincada interrelación e interdependencia económica. Por lo tanto, el modelo a seleccionar debe contar con la característica de que describa, simultáneamente, las relaciones de demanda y oferta de los flujos de transacciones entre los sectores productores y consumidores de la economía. Además, cuando el interés se centra no sólo en los cambios directos derivados de cambios en la disponibilidad de un recurso sino también en los efectos indirectos e inducidos en el resto del sistema económico, generalmente la metodología a seguir es la de insumo-producto (Mei, Guisheng y Xianglan, 1991).

Una de las ventajas de los modelos insumo-producto sobre otras metodologías, incluyendo a los modelos de equilibrio general computable y a los modelos macroeconómicos, es su capacidad

superior para predecir impactos económicos con más detalle a nivel sector (Frankhauser y McCoy, 1995). La capacidad de las computadoras actuales ha eliminado las tradicionales restricciones dimensionales para la solución de los modelos de insumo-producto. De manera que en la actualidad es posible construir modelos con un alto nivel de desagregación cuando se requiere analizar a detalle los impactos económicos, digamos, de una política.

Sin embargo, los incrementos en la desagregación tienen costos. El principal es la necesidad de imponer condiciones a la estructura de producción, esto es, coeficientes de insumo-producto constantes. Otras características, como retornos constantes a escala y sustitución de insumos, son también restricciones importantes. Aunque existen algunas formas para resolver estos problemas, al menos parcialmente, las opciones disponibles son todavía limitadas.<sup>9</sup> En general, esto reduce el uso de los modelos de insumo-producto para análisis de corto plazo, en períodos menores de 10 años.<sup>10</sup>

En resumen, la ventaja principal de los modelos de insumo-producto reside en que permite un alto grado de desagregación de los sectores económicos.<sup>11</sup> Behar (1988) señala que a pesar de sus inherentes limitaciones, el modelo de insumo-producto elimina sesgos negativos que surgen de otros análisis en donde los enlaces rezagados que resultan de los requerimientos de insumos son ignorados.

### El modelo de Insumo-Producto

Un modelo de insumo-producto en su forma más simple consiste en un sistema de ecuaciones lineales, en el cual cada ecuación describe la distribución del producto a través de la economía.<sup>12</sup>

Las relaciones pueden ser expresadas en notación matricial tal que,

$$X = AX + Y \quad (1)$$

Donde:

X es un vector de productos a nivel sector, A es una matriz cuadrada de coeficientes técnicos (directos) de insumo-producto, Y es un vector de demanda final de producto a nivel sector.

Dado que los valores de los coeficientes técnicos son conocidos y el nivel de demanda final es también conocido o asumido, la solución (los niveles de producto del vector X) de la ecuación (1) depende de la no-singularidad de la matriz A, de la siguiente manera,

$$\begin{aligned} X &= AX + Y \\ X - AX &= Y \\ [I - A]X &= Y \\ X &= [I - A]^{-1} Y. \end{aligned}$$

La matriz  $[I - A]^{-1}$  es comúnmente conocida como la Inversa de Leontief o matriz de interdependencia. Cada elemento de esta matriz representa la cantidad de producto directo e indirecto del sector i requerido para satisfacer los requerimientos de la demanda final de una unidad del sector j.

### Cálculo de los Multiplicadores de Insumo-Producto

Los multiplicadores del producto se obtienen de la suma de columnas de la matriz  $[I - A]^{-1}$ . El multiplicador del producto para el sector j contabiliza el valor total en la producción de todos los sectores de la economía que es necesario para satisfacer el valor de una unidad monetaria (peso, dólar, etc.) de demanda final por el producto del sector j.

Los multiplicadores de ingreso relacionan cambios en la demanda final con los efectos que se producen en el ingreso de las familias, asimismo trasladan los impactos hacia los gastos de demanda final en cambios en el ingreso de las familias resultantes de las variaciones en la oferta de trabajo.

Para estimar el vector de los multiplicadores de ingreso es necesario realizar el cálculo de los

efectos directo y total (suma de efecto directo e indirecto) en el ingreso. El efecto directo es la hilera de salarios en la matriz de coeficientes técnicos. El efecto total en el ingreso resulta de multiplicar el vector hilera de ingreso de la matriz de coeficientes técnicos (A) por la matriz de interdependencia  $([I-A]-1)$ .

Los multiplicadores de ingreso se obtienen de la división de los efectos totales en el ingreso y los efectos directos para cada sector (Miller y Blair, 1985; Caskie, Davis y Moss, 1999); estos multiplicadores reflejan el cambio total en el ingreso en la economía, resultante del cambio de una unidad monetaria de ingreso en un sector particular.

Los multiplicadores de empleo se derivan de la misma manera que los multiplicadores de ingreso, pero en este caso se utiliza la relación entre producto y número de empleos. Estos multiplicadores también son la razón de un efecto inicial o directo y el efecto total. El vector empleo directo de la economía se calcula como la razón entre el número de empleos directos de cada sector y el producto de cada sector. El efecto total en el empleo o coeficiente de efecto total en el empleo se obtiene multiplicando el vector de empleo directo y la matriz  $[I-A]-1$ .

De esta manera, el efecto o cambio total en el empleo refleja el número total de empleos requerido en la economía para que un sector entregue una unidad monetaria en valor de producto para demanda final. Los multiplicadores del empleo se obtienen dividiendo los coeficientes de efecto total en empleo por el correspondiente coeficiente de empleo directo (Miller y Blair, 1985; Naciones Unidas, 1999); estos multiplicadores miden el empleo total generado en la economía, resultante del cambio de un empleo en un sector particular.

En los análisis de insumo-producto, de los multiplicadores producto, ingreso y empleo se derivan tanto los multiplicadores llamados tipo I (simple) como de los multiplicadores tipo II (totales). El primero se obtiene de los elementos

de la inversa de Leontief para un modelo abierto con respecto al consumo de las familias. Esto es, el consumo de las familias es una variable exógena de  $[I-A]-1$ .

Los multiplicadores llamados tipo II se obtienen del modelo cerrado respecto al consumo de las familias. El vector de consumo de las familias es una variable endógena de  $[I-A]-1$  (Miller y Blair, 1985; Naciones Unidas, 1999).

Los multiplicadores tipo I capturan los efectos directos e indirectos de un cambio exógeno en la demanda final. Los efectos indirectos resultan de la vinculación regresiva interindustrial.<sup>13</sup> Los multiplicadores tipo II capturan además de los efectos directos e indirectos el efecto inducido derivado de los gastos de los ingresos obtenidos a través del pago por los servicios de trabajo (Naciones Unidas, 1999).<sup>14</sup>

#### Notas.

- 1.- En este estudio la oferta de agua será usada como sinónimo del consumo de agua, dado que este sector exhibe equilibrio con racionamiento debido a la existencia de precios administrados para el agua.
- 2.- Las estadísticas de cuentas nacionales y los modelos de insumo-producto construidos para México incluyen al agua como parte del sector de Electricidad, Gas y Agua.
- 3.- Para este caso, incrementos en la demanda final consisten en aumentos en el producto del sector Agua.
- 4.- Ejemplo de esto es el conflicto entre los agricultores de Nuevo León, los Servicios de Agua Potable de Monterrey y los agricultores del Distrito de Riego 26 de Tamaulipas.
- 5.- Información proporcionada por el Sistema de Agua y Drenaje de Monterrey (SADM).
- 6.- El agua de algunas cuencas de escurrimiento ubicadas en Nuevo León pertenece al estado de Tamaulipas (Diario Oficial de la Federación 22 de junio de 1952).

7.- Se calculó suponiendo un consumo de 240 litros por persona al día (20 hrs.) y una población de 3,866,664 habitantes (según Proyecciones de Población, INEGI).

8.- Determinar la demanda de agua y consecuentemente el precio de mercado no es una tarea fácil. En Nuevo León el precio del agua es un precio administrado.

9.- Un tratamiento más completo de las ventajas, usos, supuestos y limitaciones y alternativas para flexibilizar los supuestos de los modelos de insumo-producto se encuentra en Miller y Blair (1985).

10.- La mayoría de los autores señalan que 10 años es un límite aceptable en uso de los modelos de insumo-producto para estudios que involucren predicción.

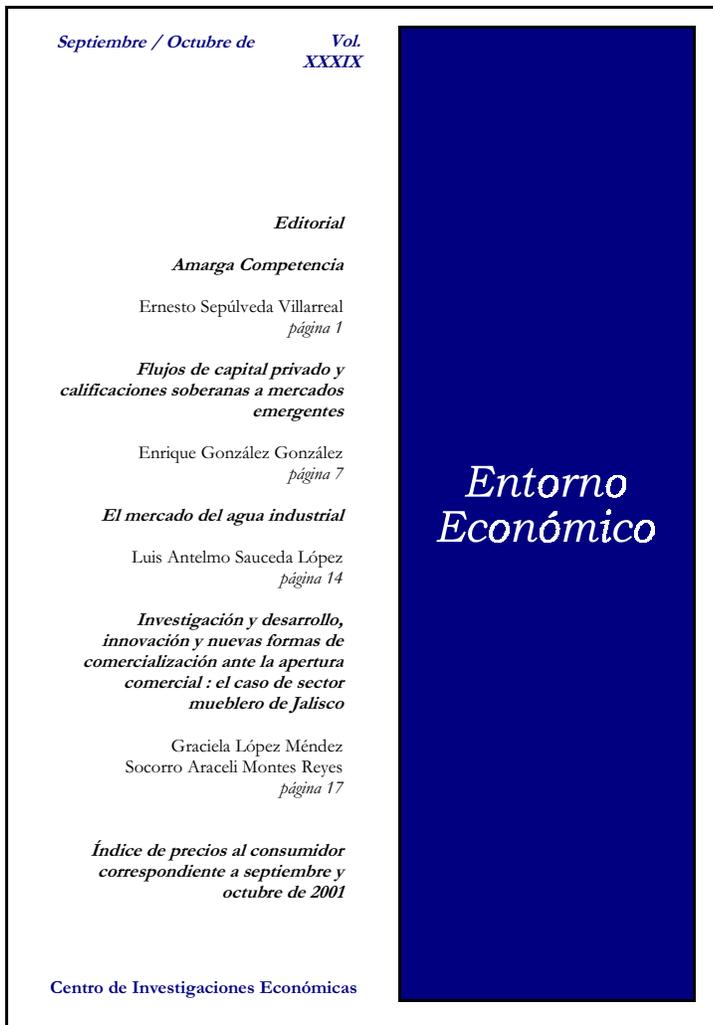
11.- Dado que el modelo de insumo-producto es determinístico, no es afectado por los problemas de los requerimientos de grados de libertad de los modelos estocásticos

12.- Un tratamiento completo de la metodología de los modelos de insumo-producto se encuentra en Miller y Blair op cit y en Naciones Unidas, 1999.

13.- Incrementos en la demanda del producto  $j$  de un sector  $j$  requerirá de incrementos de aquellos productos de otros sectores los cuales son utilizados como insumos en la producción adicional del producto  $j$  (“backward linkages”).

14.- El efecto inducido refleja el hecho que productos adicionales será requerido para satisfacer el gasto anticipado de los consumidores resultante del incremento en el ingreso.

— En el siguiente número de la revista Entorno Económico será presentada la segunda parte de este artículo.



## ¿Le interesa colaborar en Entorno Económico?

Póngase en contacto con nosotros

[entorno@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:entorno@ccr.dsi.uanl.mx)

[cgamez@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:cgamez@ccr.dsi.uanl.mx)

[epicazzo@ccr.dsi.uanl.mx](mailto:epicazzo@ccr.dsi.uanl.mx)

Entorno Económico ya esta disponible en la página web de la Facultad de Economía

[www.uanl.mx/facs/fe/](http://www.uanl.mx/facs/fe/)