

## Capítulo 15

### **Medición de la rentabilidad económico-ambiental de dos cultivos de la región del valle freseo de Michoacán: Una aplicación de insumo producto y análisis prospectivo**

Ricardo Zamora

R.Zamora

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, General Francisco J. Múgica s/n, Felicitas del Río, 58030 Morelia, Michoacán

rica\_zamora@hotmail.com

M.Ramos, F.Miranda (eds.) *Optimización-Estocástica-Recursiva-Coherente-Sistémica y sus variantes (probabilidad, econometría y estadística aplicada)*, Temas Selectos de Optimización-©ECORFAN-Santiago de Compostela, España, 2012.

## Abstract

The overall purpose of this article is to generate empirical evidence on the cost of land degradation caused by the activity of strawberry crops and corn in the valley region of Michoacán strawberry comprising the municipalities of Zamora, Jacona, Ixtlan and Tangancícuaro. For this task you perform the following secondary objectives: a) Construction of an input-output matrix (IPM) for each of the municipalities, b) Breakdown of intersectoral flows of activities and maize milling sector from agriculture, livestock and fishing each MIP, c) Construction of a satellite account (CS) to provide information on investment ratios used to mitigate damage based soil nutrients nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and calcium (Ca) d) Extension of each unbundled local MIP through (CS) constructed to evaluate the degradation and sustainability of soil fertility, e) consider three scenarios for a prospective analysis f) Measuring the efficiency of each municipality in the region to mitigate soil depreciation.

## 15 Introducción

El sector agropecuario a nivel mundial ha resentido durante los últimos años los efectos del calentamiento global mismos que se advirtieron en la década de los noventa. El sector rural ha tenido que enfrentarse aquellos eventos extremos como las sequias, inundaciones, heladas, ondas cálidas, granizadas y precipitaciones que se han presentado con mayor concentración en tiempo y espacio (FAO, 2007).

La sequia se ha convertido en el fenómeno mas peligroso para la producción agrícola mexicana al dejar una pérdida total de 989 mil hectáreas de superficie agrícola durante el ciclo 2010-2011 (CONAZA, 2012), siendo el frijol uno de los cultivos más afectados tras sufrir una reducción del 53.4% de superficie sembrada por el retraso de lluvias (Giner, Fierro y Negrete, 2011). Ante esta serie de efectos, el Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable (CDMR) avaló un monto de 33 mil 827 millones de pesos para el Plan Integral de Atención a la Sequia 2012 (SAGARPA: 2012) de los cuales el 12% se destinarán al manejo adecuado de agua y uso sustentable de recursos naturales. Por otro lado, se destinarán 763.4 millones de pesos al Programa de Conservación y Uso sustentable de suelo y Agua (COUSSA) cuyo objetivo principal es la conservación, uso y manejo sustentable de los recursos naturales utilizados en la producción primaria y el cual forma parte de los programas de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas<sup>85</sup> (CONAZA).

En Michoacán no se han resentido los efectos de la sequía de manera tan abrupta como ha sucedido en algunos estados del norte del país, pero comparte la inquietud de generar investigaciones e innovaciones tecnológicas aplicadas a la sustentabilidad agrícola. Por ejemplo, para dar respuesta a las fuertes precipitaciones que han afectado los cultivos del aguacate, de frutillas, durazno y guayaba se han colocado 92 cañones antigranizo en los municipios de Acuitzio del Canje, Tacámbaro y Villa Madero por la empresa Sistemas Climatológicos Antigranizo de Michoacán (La Jornada Michoacán, 2012), pero, sin embargo, hasta el momento no existe un informe técnico y científico del total de los cañones instalados para determinar si el impacto ambiental de su uso es positivo (Jornada Michoacán 2012b, Cambio de Michoacán, 2012).

---

<sup>85</sup> Durante el año 2011 se ejerció un monto de 400 millones de pesos para el programa de COUSSA (CONAZA, 2011). La Comisión también tiene a su cargo los programas del Proyecto estratégico de Seguridad Alimentaria (PESA), Proyecto Estratégico “Construcción de Pequeñas Obras Hidráulicas” (POH) y el Proyecto Transversal de Desarrollo de las Zonas Áridas (PRODEZA).

Con los resultados empíricos se comprobarán las siguientes hipótesis de investigación:

- i. El deterioro del suelo en cultivos enfocados a la exportación es medio o alto (cultivo de fresa).
- ii. El deterioro del suelo utilizado para cultivos de auto-consumo es bajo o inexistente (cultivo del maíz).

El enfoque de la investigación utilizado es mixto. Primero es descriptivo porque especifica las características que tienen los cultivos de la fresa y el maíz en la región del valle fresero de Michoacán. Es exploratorio ya que intenta medir el deterioro del suelo a través de una aplicación de la MIP poco utilizada y donde el impacto ambiental en el suelo utilizado para actividades agrícolas en el Estado de Michoacán tiene escasos trabajos empíricos y finalmente tiene un alcance correlacional al crear escenarios hipotéticos para ofrecer predicciones con los resultados obtenidos (Hernández et al: 2006). Es decir, en la parte final del trabajo se proyectan tres escenarios<sup>86</sup> contrafactuales, uno de tipo probable también llamado referencial que se construye con las tendencias pasadas y presentes y darán respuesta al futuro verosímil de ¿Qué pasará con la producción de la fresa y el maíz en la región del valle fresero del estado de Michoacán ante la actual tendencia?, un segundo escenario alternativo con cambios positivos a la situación actual y un tercer escenario alternativo con cambios negativos (Mojica: 2006). Estos dos últimos representarán las alternativas del futuro, una deseable y otra rechazable (Godet: 2000). Ergo, el diseño de estudio empleado es transeccional de tipo causal-prospectiva al utilizar como base los datos del año 2003 que proporcionan las MIP (Hernández et al: 2003).

Posterior a esta introducción se revisa como marco teórico el modelo híbrido utilizado para la regionalización de las MIP municipal, así mismo, se expone la programación lineal para dicha construcción y su posterior desagregación sectorial. Se describe también la construcción de la CS, los escenarios hipotéticos y el método DEA para encontrar la eficiencia de los municipios en mitigar la degradación del suelo. En el tercer apartado se describe la región del valle fresero del Estado de Michoacán por medio del análisis regional de homogenización y contigüidad. En el cuarto apartado se exponen los principales resultados empíricos y al final del capítulo uno con las principales conclusiones.

## 15.2 Marco teórico: Desagregación y extensión de análisis insumo producto

A lo largo de la historia los individuos han tenido el afán de conocer el comportamiento y estructura de sus economías. La ciencia económica ha utilizado modelos para representar de manera abstracta y a su vez, generar información empírica sobre las relaciones intersectoriales de las mismas. Tal es el caso de los modelos de equilibrio lineal donde la MIP representó su principal instrumento desde que Wassily Leontief publicó en 1951 un análisis intersectorial de la economía estadounidense por medio de tablas de transacciones de bienes y servicios. Este ejercicio no solo construyó una tabla de insumo producto como es conocida hoy en día, si no también, logró integrar la basta información estadística a los servicios de la Teoría del Equilibrio General que contaba hasta su momento con un bagaje teórico robusto pero sin evidencia empírica que la respaldara.

---

<sup>86</sup> Godet (2000:17) conceptualiza el escenario como “un conjunto formado por la descripción de una situación futura y un camino de acontecimientos que permiten pasar de una situación original a otra futura”. El análisis prospectivo que se realiza se basa en construir tres escenarios que indican tres posibles futuros (Mojica, 2006).

Pero, sin embargo, son varios los autores que se han preocupado por representar la economía como François Quesnay que en el siglo XVIII publicó la *Tableau Economique*, Karl Marx que utilizó los esquemas de producción en 1870, León Walras quien construyó un modelo de equilibrio general en 1926 bajo la teoría subjetiva del valor y por medio de instrumental microeconómico.

François Quesnay, Karl Marx, León Walras y Wassily Leontief presentan cierta semejanza en sus planteamientos, pero en general no tienen continuidad en los análisis realizados respectivamente por cada uno de los autores sobre las fluctuaciones. Esta discontinuidad se debe a las diferencias teóricas y lógicas que utilizaron (Mariña, 1993).

### 15.2.1 Estructura de la Matriz de Insumo-Producto

Una matriz es un cuadro de doble entrada donde los datos están colocados en filas y columnas. Provee una descripción de los flujos de bienes y servicios de una región expresados en una medida común: unidades monetarias (Mariña, 1993). Este modelo se conforma por tres tablas o matrices:

- a) De transacciones intermedias; muestra los pagos por compras y ventas de bienes y servicios medidos a precios de productor de cada uno de los sectores.
- b) Matriz de demanda final; se localiza el valor bruto de la producción (VBP) por el lado de los ingresos dividido en dos componentes, el de la demanda intermedia (DI) que representa los ingresos de las empresas por la venta de bienes intermedios que satisface la demanda de otras unidades productivas y el componente de la demanda final (DF) que representa los ingresos de las ventas de bienes finales.
- c) Matriz de valor agregado; se presenta el VBP por el lado de los costos dividido en consumo intermedio (CI) y valor agregado (VA). El primero son los bienes y servicios que son empleados en la producción como las materias primas y los servicios productivos. El segundo son las remuneraciones que hacen las empresas en factores productivos como los sueldos y salarios e impuestos pagados.

De esta manera la forma de leer una MIP es: verticalmente (columnas) se registran las compras de los sectores productivos o costos de las empresas y horizontalmente (filas) se leen las ventas o ingresos que tiene una empresa. *Ipsa facto*, en el cuadro de transacciones intermedias se observan las compra-ventas de bienes intermedios entre los sectores económicos.

### 15.2.2 Método de regionalización empleado

La regionalización de una MIP se lleva a cabo a partir de un modelo híbrido<sup>87</sup> que combina información de encuestas directas (*full-survey method*) y técnicas mecánico-estadísticas (*non-survey method*). Se parte de la información de la última MIP nacional publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y de los resultados de los Censos Económicos 2004 a miles de pesos del año 2003.

Se utilizaron dos técnicas *non-survey* para la regionalización de la MIP del estado de Michoacán y posteriormente de la MIP de cada uno de los 4 municipios antes señalados. El método utilizado fue el de aproximación de oferta y demanda (*supply and demand approaches*) que constituye una mejora de la familia de los coeficientes de localización desarrollada por Miller y Balir (1985).

<sup>87</sup> Para una descripción a detalle sobre el proceso de regionalización y las técnicas empleadas de los modelos híbridos para la regionalización de matrices, se recomienda la lectura de los capítulos 3 y 4 de Fuentes et al (2004).

La primera técnica que se aplicó fue el de coeficientes de localización simple (15.2) para la MIP estatal que servirá para obtener cada uno de los términos de la ecuación de oferta y demanda que se muestra en la ecuación (1):

$$\bar{X}_i = \sum a_{ij}^N X_j^R + \sum C_{if}^N Y^R \quad (15.1)$$

$$CLSi^R = (X_j^R X^R) / (X_j^R X^R) \quad (15.2)$$

Donde:

$X_i^R$  = es la producción regional en la industria i.

$X^R$  = es la producción total de la región.

$X_i^N$  = es la producción nacional en la industria i.

$X^N$  = es la producción total nacional.

Para la obtención de los coeficientes técnicos regionales ( $a_{ij}^R$ ) se atiende a las siguientes dos restricciones:

$$a_{ij}^N \text{ si } CLSi^R \geq 1 \quad (15.3)$$

$$a_{ij}^N, CLSi^R, \text{ si } CLSi^R < 1 \quad (15.4)$$

Con la derivación de la MIP de coeficientes técnicos regionales y la obtención de los valores de la producción regional para cada MIP se obtiene el primer miembro de la ecuación del método de oferta y demanda (1). Para la obtención del segundo miembro de la ecuación (15.1) se determina la DF regional y se realiza la siguiente estimación:

$$C_{if}^N = Y_{if}^N / Y_f^N \quad (15.5)$$

Donde:

$Y_{if}^N$  = el valor de la demanda final del sector f en la industria i.

$Y_f^N$  = el valor total de la demanda final del sector f.

Posteriormente se computan las diferencias entre el VBP real ( $X_i$ ) y VBP que se ha estimado ( $\bar{X}_i$ ); el resultado que se obtenga será b ( $b_i = X_i - \bar{X}_i$ ). Con el fin de mejorar los coeficientes técnicos regionales ( $a_{ij}^R$ ) se estiman de la siguiente manera:

$$a_{ij}^N, \text{ si } b \geq 0 \quad (15.6)$$

$$a_{ij}^N * Z, \text{ si } b < 0 \quad (15.7)$$

Donde  $z = (X_i / \bar{X}_i)$ . Esta última ecuación permitirá aproximar los resultados a los dígitos más cercanos del comercio intersectorial regional puesto que expresa una proporción entre la producción total regional y la producción total regional que se estima. Posteriormente se modifican los coeficientes técnicos de la MIP nacional para producir un grupo de coeficientes técnicos regionales que en este caso

serán los del estado de Michoacán. Para la obtención de la MIP de cada uno de los 4 municipios se realiza el mismo procedimiento pero a partir de la MIP estatal ya estimada.

### 15.2.3 Desagregación de un sector en la matriz insumo producto

Los Sistemas de Cuentas Nacionales (SCN) del país proporcionan información a nivel macroeconómico sobre los diferentes sectores de la economía. Se encuentran divididas de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del norte (SCIAN) diseñado en 1993 a partir de reuniones con los gobiernos firmantes del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) e implementado por INEGI en 1997 (INEGI, 2002). La división consiste en 20 sectores donde “las subramas y clases de actividad del clasificador fueron definidas tomando en cuenta la forma de operar de las unidades económicas” (Ibíd.: 5). Esta clasificación tiene la virtud de ser homogénea a los SCN de Estados Unidos y Canadá para realizar trabajos de comparabilidad. A partir de esta estructura estadística el INEGI publica la MIP nacional desagregada a 20 sectores y 79 subsectores (INEGI, 2003). Pero, sin embargo, al momento de revisar los resultados de los Censos Económicos realizados por INEGI (2004) la información es inexistente a niveles de desagregación más altos, especialmente a los correspondientes del subsector de la agricultura donde la mayoría de las ramas son actividades que solo se realizan en México.

En otras palabras, el statu quo de la agregación de la economía complica la oportunidad de realizar un análisis más detallado sobre alguna actividad específica de los 79 subsectores del SCIAN. Tal es el caso del subsector de la agricultura (111)<sup>88</sup> que considera en sus ramas a las actividades de cultivos de granos y semillas oleaginosas, de hortalizas, frutales y nueces (113), invernaderos y viveros, y floricultura (1114), y el de otros cultivos (119)<sup>89</sup>. A pesar de ello, los Censos Económicos 2004 publicados por INEGI no muestran datos estadísticos de estas actividades y la última MIP publicada solo muestra los flujos de interrelaciones económicas de los 79 subsectores, lo que impide conocer con exactitud como se relacionan por ejemplo, las actividades de los cultivos del maíz y la fresa con otra actividad como la industria química o alimentaria. Por lo que solo se puede leer en la MIP nacional y las regionalizadas a partir de ésta, las ventas de bienes y servicios que tiene el subsector de la agricultura con el resto de las actividades.

Para desagregar un sector se requiere de información detallada sobre la producción total de la nueva actividad y la proporción de esta producción con el resto de los sectores económicos. Esta información usualmente solo puede ser obtenida con métodos directos como la aplicación de una encuesta ad hoc<sup>90</sup> que implica altos costos de tiempo y monetarias para aplicarlas. El desarrollo de técnicas matemáticas como los factores de peso soluciona este problema.

<sup>88</sup> El número significa su clasificación dentro del SCIAN el cuál tiene 5 niveles de agregación: 20 sectores, 95 subsectores, 309 ramas, 631 subramas y 1051 clases. Puede consultarse a INEGI (2012).

<sup>89</sup> El subsector de otros cultivos comprende como clases del SCIAN: cultivo de tabaco (111910), de algodón (11920) , de caña de azúcar (11930), de alfalfa (11941), de pastos y zacates (11942) , de coco (11991), de cacahuete (11992) y de agave alcoholero (11993).

<sup>90</sup> Los censos agropecuarios presentan la información más detallada posible sobre estadísticas de los sectores que se involucran en la transformación de los recursos naturales pero su última publicación es del 2007. En el caso de los censos económicos de INEGI omite información por ramas y subramas. El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) actualiza los valores del VBP, hectáreas utilizadas para la siembra y el producto cosechado de 317 cultivos cada año.

Wolsky (1984) desarrolló un esquema de desagregación para dar respuesta a esta limitante de la MIP. Esta propuesta metodológica que también ha sido promovida por las Naciones Unidas (1999) a través de sus manuales se basa en los siguientes supuestos:

- a) Los coeficientes de insumo de la industria que es separada son similares a los coeficientes de insumos de la industria que permanece.
- b) El consumo por el producto de otras industrias de la rama que es separada es proporcional a la estructura de consumo de los productos de la rama original por otras industrias.

La desagregación consiste en tener dos matrices, la de flujos original llamada  $F$  y su correspondiente de coeficientes técnicos intermedios con el prefijo  $f$  la cual incluye la fila del VA.

La industria identificada por  $n^{\text{th}}$  es dividida entre la parte que se separa (nueva actividad que se incluye en la industria) y el resto de la misma. El producto de la industria  $n$  se identifica con el término  $X_n$ , la industria restante tiene un producto donde  $X_n = w_1 X_n$  y el producto del restante de la industria se compone de  $X_{n+1}$  que es igual al producto de  $w_2 X_n$ . Estas operaciones se basan en la siguiente igualdad:

$$W_1 + W_2 = 1 \quad (15.8)$$

Donde:

$W_1$ = es la parte del producto que sigue siendo del producto de la industria  $n$ .

$W_2$ = es la parte de la producción recién separada de la industria.

Son dos pasos los que se requieren para desagregar los flujos de la matriz  $F$ :

- a) Se multiplica la columna de  $n^{\text{th}}$  por el prefijo  $w_1$  para obtener una columna del resto de la industria y entonces multiplicando la misma columna  $n^{\text{th}}$  por  $w_2$  se obtiene la columna de la nueva parte separada.
- b) Multiplicando el renglón  $n^{\text{th}}$  por  $w_1$  para obtener el renglón del resto de la industria y entonces multiplicando el mismo renglón  $n^{\text{th}}$  por  $w_2$  para obtener el renglón de la nueva parte separada.<sup>91</sup>

La necesidad de aplicar esta serie de operaciones dentro de los flujos de cada una de las MIP municipal es para contrarrestar la falta de información intersectorial de las actividades del cultivo del maíz y de la fresa. Por último, es menester mencionar que el procedimiento de desagregación se basa en el supuesto de que “los coeficientes de insumo de la industria que se separan son similares a los coeficientes de insumo de la industria a la que pertenecen” (United Nations, 1997: 215).

### 15.3 Extensión de la MIP: cuenta satélite del suelo

Las CS proporcionan agregados económicos que no se encuentran en la MIP o en el SCN por lo que ayuda a tener información estadística más robusta de algún sector económico en especial. El llenado de la CS se basa en información de la agronomía sobre los requerimientos de nutrientes del suelo y de fertilizantes que se utilizan en los cultivos de la fresa y el maíz.

<sup>91</sup> Este procedimiento se encuentra determinado matemáticamente como  $F = SfS'$  (United Nations, 1997 y Wolsky, 1987).

Esta sección describe la confección de una CS para el suelo que proporciona información sobre la depreciación del suelo medida por la fertilidad en términos de los nutrientes primarios llamados macronutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)<sup>92</sup> (IFA, 2002), siendo estos los que se aplican con mayor abundancia por medio fertilizantes. Pero debido a que en este trabajo se trabaja específicamente con el cultivo de la fresa y el maíz incluimos el calcio (Ca) que sirve como constituyente de proteínas y participa en el proceso de la clorofila. Este nutriente también es de los macronutrientes pero catalogado de tipo secundario (IFA, 2002; Pimentel, J., 2008).

Primero se construyen los coeficientes de agotamiento del suelo en unidades físicas ( $n_{II}$ ) que indica la diferencia entre las entradas y salidas de nutrientes por distintos procesos y dará la base para establecer un valor monetario a la depreciación del suelo y a su vez éste se aplicará dentro de los costos de producción (Stoorvogel, et al., 1993).

**Cuadro 15.1** Balance de nutrientes del suelo para el cultivo de la fresa (Kg/ha).

Actividad	Balance de nutrientes			
	K	N	Ca	P
Fresa	450	100	1600	1200

Fuente: Elaboración propia en base de Pimentel, J., 2008.

A partir del cuadro 15.1 se obtienen los coeficientes de agotamiento del suelo ( $S_1$ ) que explicarán el nivel de agotamiento del suelo por kilogramo (Kg) de producción para los nutrientes del suelo.

**Cuadro 15.2** Coeficientes de agotamiento del suelo ( $S_1$ ) por Kg de producción.

Actividad	K	N	Ca	P
Fresa	0.016	0.004	0.057	0.043

Fuente: Elaboración propia a partir del cuadro 15.1 y datos del SIAP del año 2004.

El tercer proceso es la creación de los coeficientes de inversión por peso producido para mitigar el daño ocasionado al suelo debido a las actividades productivas sobre el suelo. Aquí es importante asignar un valor a cada nutriente para que sean cuantificables monetariamente. La metodología que se utiliza es como la que asigna Stoorvogel et al (1993) y Moreno (1995) a través del costo de los fertilizantes que son necesarios para reponer el balance de los nutrientes del suelo. Ésta indica que para valorizar la depreciación del suelo se deben incluir otros factores como las horas de trabajo necesarias para la aplicación de los fertilizantes y la depreciación total de costos de transporte, pero esta última se excluye dado que los productores de la región del valle fresero de Michoacán no inciden en gastos de gasolina o en costos de transporte al vivir cerca de las parcelas o bien, los jornaleros en su mayoría se transportan a pie o en bicicleta (Pimentel, J. 2008).

<sup>92</sup> El N es la fuente principal de proteínas para los vegetales, el P es esencial para el proceso de la fotosíntesis y el K “mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad” (IFA, 2002: 8).

**Cuadro 15.3** Genérico de los coeficientes de inversión por peso producido que repone el balance de nutrientes del suelo. Porcentaje de nutriente por tipo de fertilizante utilizado.

Fertilizante	Precio de fertilizante \$/kg	Concentración del nutriente				Aprovechamiento efectivo
		Nitrógeno	Calcio	Potasio	Fósforo	
Urea	3.8	46.00%	0	0	0%	22%
Formula Barco vikingo	5.3	0	20%	0	0%	800%
Nitrato de Potasio	6	0	0	23.00%	0%	196%
mejoradores del suelo	1	0	0	0	38.64	311%

Fuente: Elaboración propia con datos de Pimentel et al (2008) para los precios y cantidades de fertilizante. El costo de mano de obra de aplicación de un kilogramo de fertilizante es \$0.608 que se calculó a partir de datos de Pimentel (Ibíd.). Los datos del aprovechamiento efectivo se realizaron a través de la fórmula de “cálculo de las dosis de fertilizante por parcela” (IFA, 2002: 70).

Con los datos del cuadro 15.3 y la metodología del anexo estadístico se obtienen los precios de cada uno de los nutrientes siendo para el nitrógeno de 44 pesos por kilogramo, para el calcio de 3.71 pesos por kilogramo, para el potasio de 14.68 pesos por kilogramo y 0.04 pesos para el fósforo por kilogramo.

Posteriormente se construye la CS como tal que contendrá la inversión total que se requiere en la recuperación de nutrientes del suelo. Ésta indica la inversión total por año que se requiere para compensar el daño ocasionado al suelo.

**Cuadro 15.4** Coeficientes de inversión ( $r_{ij}$ ) por peso producido para mitigar daños del suelo.

	K	N	Ca	P
Cultivos de maíz y fresa	0.0024	0.0016	0.0021	0.00002

Fuente: Elaboración propia a partir del cuadro 15.3 y cuadro 15.2.

El cuadro se lee de la siguiente manera. En 1000 pesos de producción de la fresa se ha generado una pérdida de nutrientes equivalente a 5.92 pesos distribuidos en 2.359 pesos para reposición del potasio, 1.57 pesos en nitrógeno, 2.12 en calcio y 0.02 pesos para reposición del nutriente del fósforo.

### 15.3.1 Creación de escenarios contra factuales

Desde el punto de vista académico se ha destacado la necesidad de generar un modelo prospectivo en el sector agrícola que proporcione las tendencias y ayude a formular estrategias en la producción de alimentos para la población mexicana (Perales y Reyes: 2009). Ipso facto, se ha advertido la escasez de trabajos que nos preparen al futuro de los problemas económicos y a su vez generen evidencia empírica para planeación de largo plazo<sup>93</sup>.

Una vez finalizada la transformación y desagregación de las MIP de los 4 municipios que conforman la región a analizar, se realiza una serie de proyecciones a través de la DF de cada una de ellas. Para este fin se optó proyectar 4 escenarios que se describen a continuación:

<sup>93</sup> Algunos ministerios del gobierno de Reino Unido han realizado investigaciones sobre el futuro de varias actividades de la economía como el relacionado en la sustentabilidad ambiental con aplicadas al uso del suelo. Para mayor información remitirse a <http://www.foresight.gov.uk/index.asp>

- a) Escenario 0 ( $E_0$ ). El escenario base proyecta la medición de la depreciación del suelo ante el statu quo de la economía con los datos del 2003 proporcionados por cada MIP.
- b) Escenario 1 ( $E_1$ ). Pertenece a la proyección del escenario referencial que responde a la pregunta ¿Qué pasará con la producción del maíz y de la fresa de la región del valle fresero del estado de Michoacán ante la actual tendencia? Para este ejercicio se verifica el promedio de la tasa de crecimiento que ha generado cada cultivo durante el periodo 2007-2012. Si el municipio de Ixtlán mostró en promedio una tasa de crecimiento del 0.26 en el VBP del cultivo de la fresa, se utiliza éste dato para sustentar que un incremento del 26% representa la tendencia de los próximos 5 años (hasta el 2016) del cultivo de la fresa en este municipio. Para esto se multiplica el 26% con la DF de la MIP municipal de Ixtlán de 2003 y dado que es un crecimiento positivo, se suma el resultado con el valor original de la DF para efectuar la proyección.
- c) Escenario 2 ( $E_2$ ). Corresponde a uno de los posibles futuros en la que una actividad puede comportarse. Este escenario representa el futuro deseable por lo que se duplica la tasa de crecimiento mencionada en el inciso anterior para construir el escenario donde la producción aumenta. Por ejemplo, si el municipio de Jacona tuvo en promedio 0.26 en la tasa de crecimiento del VBP del cultivo del maíz para el mismo periodo mencionado líneas arriba, se multiplica la DF de la MIP municipal con la cantidad de 52%.
- d) Escenario 3 ( $E_3$ ). Este futuro representa el no deseable donde la actividad agrícola se encontrará en su peor escenario. Para utilizar datos afines a los reales se utilizará que existe una disminución del 30% en la producción de las actividades del cultivo de la fresa y un 15% para las actividades del cultivo del maíz. Estos porcentajes se obtuvieron al promediar la tasa de crecimiento de los 4 municipios para cada cultivo<sup>94</sup> pero revirtiendo su crecimiento.

### 15.3.2 Medición de la eficiencia para mitigar los daños del suelo agrícola

El Análisis Envolvente de Datos (DEA: data envelopment analysis) es utilizado para determinar la eficiencia de los municipios en mitigar los daños del suelo por la actividad agrícola (i.e. depreciación del suelo por el deterioro de nutrientes). El DEA es una técnica no-paramétrica de programación lineal que ha sido utilizada ampliamente para medir la eficiencia de firmas e instituciones tanto lucrativas y no lucrativas como los gobiernos locales. Se busca que produzcan outputs similares (i.e. niveles de depreciación del suelo) a partir de inputs (i.e. inversiones realizadas para la mitigación de daños del suelo) comunes (Trillo del Pozo, 2002).

La construcción de estos indicadores se realiza a partir de las unidades físicas empleadas en inputs y la magnitud de outputs obtenidos con dichos recursos. En la literatura que realiza ejercicios con el DEA para la medición de la eficiencia se recurre en muchas ocasiones, cuando la información estadística no es accesible, a utilizar indicadores proxy<sup>95</sup> que indican el volumen de inputs que se requieren desde el punto de la demanda.

<sup>94</sup> Para revisar las tasas de crecimiento correspondientes al VBP del cultivo del maíz y de la fresa del periodo 2007-2012 se pueden revisar los datos de la tabla 15.1 del anexo estadístico.

<sup>95</sup> Sobre una presentación diagramática y la formalización del modelo del DEA se recomienda la lectura de Schuschny (2007). De acuerdo a la Real Academia Española, proxy significa...

Para los ejercicios efectuados que se realizan se utilizarán como outputs los resultados de la depreciación del suelo ante la proyección del escenario E0, es decir, con la inversión que se requiere para mitigar los daños del suelo para uso agrícola con datos del 2003. Y como input se utilizará los coeficientes de inversión ( $r_{ij}$ ) que se obtuvieron en el cuadro 15.4, estos multiplicados por la demanda final de la MIP del cultivo correspondiente.

Matemáticamente la programación lineal del DEA puede representarse de la siguiente forma:

$$\text{Max } h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s (U_r Y_{r0})}{\sum_{i=1}^m (V_i X_{i0})} \quad (15.9)$$

Sujeto a

$$\frac{\sum_{r=1}^s (U_r Y_{r0})}{\sum_{i=1}^m (V_i X_{i0})} \leq 1$$

donde  $j = 1 \dots n$

$$U_r, V_i \geq 0 \quad r = 1 \dots s \quad i = 1 \dots m$$

El objetivo es la maximización del índice de eficiencia de la unidad evaluada ( $h_0$ ) que es el ratio de una suma ponderada de outputs ( $U_r$ , es la ponderación asignada al output  $r$ , generada por la propia técnica. La cantidad de output  $r$  producido por la unidad evaluada es  $Y_{r0}$  y la producida por la unidad  $j$  es  $Y_{rj}$ ) con respecto a una suma ponderada de inputs ( $V_i =$  ponderación asignada al input  $i$ , generada por la propia técnica. La cantidad de input  $i$  consumida por la unidad evaluada es  $X_{i0}$  y la consumida por la unidad  $j$  es  $X_{ij}$ ).

Así, una unidad eficiente será aquella que consiga un ratio no mayor a 1 y las ineficientes serán las que obtengan un valor menor. Existen dos modelos utilizados con el DEA: orientación input y con orientación output. El modelo DEA que se utilizará es el de orientación input que maneja un índice de eficiencia de la unidad 0 ( $\theta_0$ ) que se encuentra sujeto a:

$$\theta_0 X_{i0} \leq \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \quad (15.10)$$

$i = 1 \dots m$

$$Y_{r0} \leq \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j \quad r = 1 \dots s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \quad \lambda_j \geq 0$$

Este modelo opera bajo rendimientos de escala constante (CRS) que nos permite conocer la Eficiencia Técnica Global (ETG) que tienen los municipios de la región del valle fresero para mitigar los daños del suelo ante las actividades de cultivo de la fresa y del maíz.

#### **15.4 Análisis regional del valle fresero de michoacán: Estudio de caso**

La fresa forma parte del grupo conocido como los berries junto a otros frutales como la zarzamora y el arándano quienes tienen gran demanda en los países de Norteamérica.

Debido a que en ciertas épocas del año la producción de la fresa en Estados Unidos no alcanzaba abastecer su demanda se comenzaron a realizarse varios estudios en México, con el objeto de buscar tierras óptimas para la producción de esta fruta, uno de esos descubrimientos fue el valle de Zamora que desde 1960 se ha especializado en la producción de esta actividad agrícola.

Una de las grandes ventajas que tiene el Estado de Michoacán en la producción fresera es la cercanía con varios de los principales puntos de distribución de comercio a nivel nacional como los mercados del Distrito Federal.

Además, de su cercanía con varias de las empresas congeladoras y empacadoras que están involucradas con las actividades agroindustriales de la fresa.

La fresa está destinada a tres actividades agroindustriales principalmente:

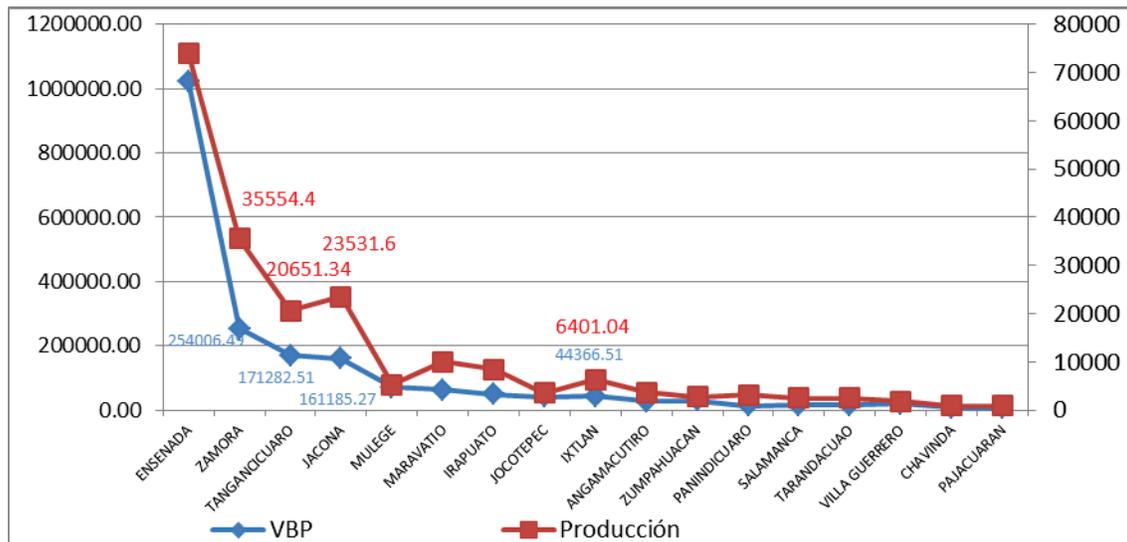
a) procesos en derivados lácteos y elaboración de mermeladas, b) la deshidratadora con destinos a los mercados de gourmet y delicatessen y c) elaboración de productos de panificación.

Así mismo, las actividades agroindustriales de la fresa se encuentran localizadas en las ciudades de Irapuato y Celaya principalmente; estas además se dedican al congelamiento y acopio de fresas y otras empresas comercializadoras e industrializadoras dedicadas a la exportación de la fresa.

Tal es el caso de Frexport, S.A De C.V. ubicada en el municipio de Zamora desde 1973 perteneciente al Grupo Altex, que elabora mermeladas para el grupo industrial Bimbo, procesa frutas y verduras congeladas para exportación. Driscoll's operaciones S.A De C.V situada en el municipio de Los Reyes de capital chileno-estadounidense conocida mundialmente en la transportación, almacenaje y enfriado de frutas como la fresa, frambuesa, zarzamora y arándanos quienes abarcan el circuito de comercialización de productores que utilizan alta tecnología en Michoacán.

Son 4 los municipios que integran la región que en el presente trabajo se denomina Valle fresero de Michoacán al presentar ciertas características bajo el enfoque de región homogénea y que comparten similitudes en sus fronteras y estructura espacial bajo el principio de contigüidad (Celis, 1988).

**Gráfica 15.1** Promedio del VBP (miles de pesos) y producción (Ton) de los principales 17 municipios productores de fresa a nivel nacional, periodo 2007-2011.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, varios años. Fecha de consulta 3 de agosto de 2012. \*A pesar de encontrarse en el 6to principal productor de fresa para el periodo 2007-2011, no se considera el municipio de Maravatio para la región del valle fresero de Michoacán por no seguir el principio de contigüidad.

A pesar de que existen cerca de 15 municipios en el Estado de Michoacán dedicados a la actividad agrícola de la fresa, entre ellos los municipios de Los Reyes y Maravatio donde se efectúan varias de las actividades agroindustriales, los únicos municipios aquí considerados para la conformación de la región se debe a que son los que generan el mayor número de empleos y de VBP del cultivo de la fresa, siendo colindantes geográficamente entre ellos (principio de contigüidad). Los 4 municipios tienen más de 40 años desarrollando su especialización económica alrededor de esta actividad. A continuación se describen los tres tipos de fronteras y estructura espacial que justifica la conformación de la región.

#### 15.4.1 Fronteras naturales y geográficas

En conjunto los 4 municipios de la región abarcan el 1.64% de la superficie del Estado de Michoacán. El municipio de Zamora ocupa el 0.57% seguido por Tangancícuaro con el 0.66%, Ixtlán el 0.21% y Jacona el 0.20%. Para determinar las fronteras naturales y geográficas de la región se detectaron 5 factores idóneos para la producción fresera en los 4 municipios:

- i. El rango de temperatura oscila entre los 10° y 22° centígrados excelentes para la producción de la fruta, donde los municipios de la región tienen una temperatura de 16-22°C con excepción de Tangancícuaro que se encuentra en el rango de 10°-20°C.
- ii. El tipo de clima que predominan en los 4 municipios es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad donde el 82.53% predomina en el municipio de Zamora (15.42% es de humedad media), el 50.33% en Jacona (34.91% de humedad media), el 0.67 en Tangancícuaro (compuesto también del 13.43% de humedad alta y 36.12% de humedad media) y el 100% en Ixtlán.

- iii. Los rangos de precipitación pluvial oscilan desde los 700 a los 1,200 milímetros cercanos a la zona apta de precipitación que requiere la producción de la fresa ubicada entre los 1,300 y 2,000 milímetros. Eso para ciertas hectáreas sembradas puede pasar desapercibido gracias a los nuevos procesos tecnológicos de siembras y cosecha que generan condiciones óptimas para la agricultura de la fresa<sup>96</sup>.
- iv. El tipo de suelo aluvial es también una característica de la región del valle fresero consecuente de los ríos que atraviesan los 4 municipios. En Zamora este tipo de geología se desplaza en el 39.97% de su territorio. En Jaconá el 24.09%, en Tangancícuaro el 19.03% y en Ixtlán el 40.97% constituyendo así, zonas interesantes para el riego<sup>97</sup>.
- v. Por último, un elemento natural también importante para la producción de este cultivo es la altura sobre el nivel del mar. Las tierras dedicadas al cultivo de la fresa son óptimas si se localizan entre los 1,300 y 2,000 metros sobre el nivel del mar (msnm), de esta manera Zamora se encuentra a 1,560 msnm, Ixtlán a 1,530 msnm, Tangancícuaro a 1,700 msnm y Jacona a 1,580 msnm.

#### 15.4.2 Fronteras de la región agrícola

En los 4 municipios predomina el uso de suelo para la agricultura.

El promedio del uso potencial de tierra para actividades agrícolas de los 4 municipios es del 51.31% mientras la zona urbana abarca un promedio de 5.83%.

De manera específica en Zamora el uso de suelo para la agricultura abarca el 49.11% y la zona urbana el 9.42%, en Jacona el 45.60% es agrícola y el 10.43% urbana, en Tangancícuaro el uso de la tierra para la agricultura es el 44.83% y la urbana abarca el 1.57%, en Ixtlán la zona agrícola es del 65.71% y la urbana el 1.91%.

La agricultura mecanizada continua es utilizada en su mayoría dentro de los 4 municipios.

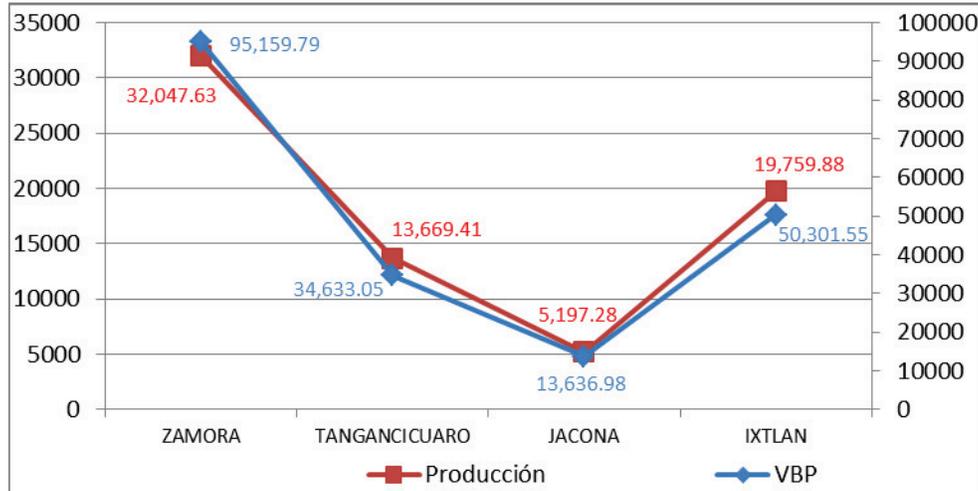
En Zamora abarca el 40.98%, en Ixtlán el 38.37%, en Tangancícuaro el 33.17% y en Jacona el 26.45%. Refiriéndose específicamente a los dos últimos municipios, la producción del cultivo de la fresa es de baja tecnología tradicional (Pimentel, 2008). Donde el 45.06% de la agricultura es manual estacional para Jacona y el 41,67% en Tangancícuaro.

---

<sup>96</sup> Del total de hectáreas utilizadas para la producción agrícola del municipio de Zamora el 78% utiliza fertilizantes químicos y el 62% semilla mejorada, en Tangancícuaro el 59% utilizan fertilizantes químicos y el 14% semillas mejoradas, en el municipio de Ixtlán el 73% y 69% y en Jacona el 71% y 44% respectivamente (Censo Agropecuario, 2007).

<sup>97</sup> Del total de la superficie agrícola en el municipio de Ixtlán, las hectáreas que utilizan agua para riego representan el 55%, en Jacona el 62%, en Tangancícuaro el 36% y en Zamora el 73% (Censo Agropecuario, 2007).

**Gráfica 15.2** Promedio del VBP (miles de pesos) y producción (Ton) del cultivo del maíz del valle fresero de Michoacán, periodo 2007-2011.



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, varios años. Fecha de consulta 3 de agosto de 2012.

#### 15.4.3 Fronteras de la región económica

Los 4 municipios de la región del valle fresero cuentan con una población similar a excepción de Zamora cuya población total es de 170 748 habitantes en su ciudad y 87 localidades, siendo uno de los 6 principales y más poblados municipios del Estado. Jacona es el segundo municipio más poblado de la región con 60 029 personas que habitan a lo largo de 34 localidades.

En Tangancicuaro se encuentran 39 localidades con una población total de 30 052 habitantes. Ixtlán tiene 14 localidades y una población total de 12 794 habitantes. (INEGI, 2009).

En cuanto a las redes carreteras Ixtlán y Jacona se encuentran entre los municipios con menor longitud de redes carreteras a nivel estatal con 40 y 39 kilómetros respectivamente. Zamora cuenta con 117 kilómetros de redes carreteras y Tangancicuaro 156.

Dentro de los servicios públicos de las zonas urbanas el municipio de Ixtlán no cuenta con mercados y tiene una cobertura del 95% en los servicios de agua potable y electricidad.

Jacona tiene un 80% de mercados y el porcentaje de los servicios de electrificación y agua potable es similar a la de Ixtlán. Tangancicuaro cuenta con un 40% de mercado, 90% de agua potable y 95% de electrificación. En Zamora el servicio de agua potable y electrificación tiene una cobertura del 90%.

El porcentaje de la población mayor a los 6 años alfabetizada oscila arriba del 84% para toda la región. Los municipios de Ixtlán y Tangancicuaro cuentan con el 84.06% de población que sabe escribir y leer respecto al total. En Jacona corresponde al 86.30% y en Zamora el 89.70%<sup>98</sup>.

<sup>98</sup> Se obtuvo el porcentaje a partir de los datos al 17 de octubre de 2005 del Anuario Estadístico de Michoacán, 2008 tomándose en cuenta el número de hombres y mujeres que saben leer y escribir, y el total de la población del municipio del mismo año.

La infraestructura de salud a datos del 2003, Ixtlán contaba con 4 unidades médicas, Jacona con 7, Tangancícuaro con 8 y Zamora 22.

#### **15.4.4 Estructura espacial desde la noción del espacio homogéneo**

La estructura espacial del valle fresero comprende los siguientes factores de tipo interno:

- a) Comprende el 2.05% de la porción territorial del estado.
- b) Tiene una población de 311, 058 habitantes de acuerdo al Censo de Población y vivienda 2010.
- c) En cuanto a factores variables los municipios de Zamora y de Jacona cuentan con una tasa de crecimiento positiva de 0.94 y 1.64 respectivamente. Esto se explica a que juntos forman una de las tres conurbaciones de Michoacán. Ixtlán tiene una tasa negativa con -2.6 y Tangancícuaro con -1.54. (INEGI, 2008 e INEGI, 2010).

Se señalan sólo 2 factores externos.

El primero es que los 4 municipios forman parte de una de las microrregiones del Estado que han logrado entrar en la dinámica del TLCAN cuyos Ayuntamientos han incluido en sus Planes de Desarrollo Municipal (PDM) el cultivo de la fresa como una actividad potencial para la exportación y el desarrollo económico de sus localidades.

El segundo factor externo es la ventaja de presentar la mayor cosecha de invierno y de esa manera poder ofertar el producto el mercado internacional con mejores precios.

#### **15.5 Análisis socio-organizacional**

Este apartado desarrolla de forma muy general las relaciones que se dan en la región alrededor al tipo de propiedad. De acuerdo a la literatura revisada y a los pocos trabajos de investigación recientes en esta temática (Boucher et al, 2007, Lundy, 2007 y Medina et al, 2007), se pueden distinguir tres tipos de productores de la región: tradicionales, en transición y modernos.

Los primeros poseen minifundios de 1 a 4 hectáreas conformados principalmente por familias que dedican la producción de la fresa como su modus vivendi empleando en un 100% formas de cultivo tradicionales.

Los segundos tienen a su haber superficies medianas de un tamaño de 4 a 10 hectáreas utilizando métodos tecnificados de producción como pozos profundos y sistemas de plástico para proteger el cultivo. Los productores modernos tienen relación directa con proveedores extranjeros principalmente de Estados Unidos y Chile para abastecerse de tecnologías y capital.

En la figura 1 se puede observar los encadenamientos que se genera alrededor de la región del valle fresero. En una primera instancia se encuentran los proveedores extranjeros y nacionales (fertilizantes, planta de la fresa) y posteriormente las diferentes empresas que llevan a cabo los procesos para los 4 diferentes presentaciones de la fresa.

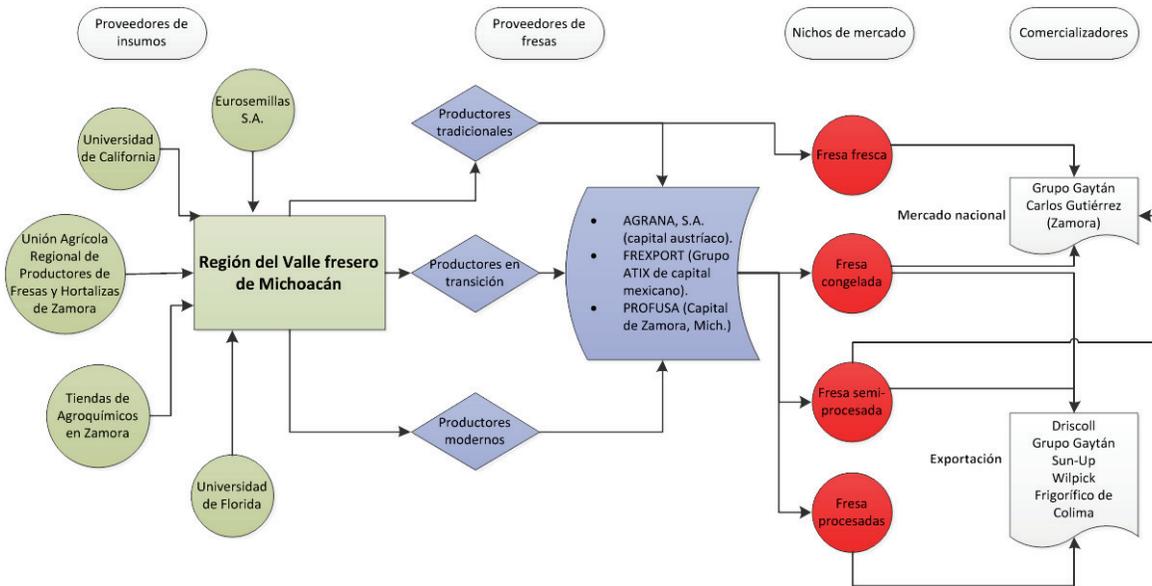
La fresa fresca se utiliza para Pastelería (decoración, postre) demandada para las actividades terciarias de turismo como restaurantes, hoteles, jugueterías y paletterías.

Normalmente la fresa fresca se lleva al mercado de abastos del Distrito Federal donde intervienen otro tipo de comercializadores que el esquema no muestra conocidos como “coyotes” quienes impiden a los productores venderla a un precio razonable.

Las fresas congeladas y semiprocesadas tienen un destino tanto nacional e internacional para ser utilizadas como materias primas de industrias que elaboran yogures y barras de cereales. La fresa procesada se utiliza para la elaboración de productos conocidos como “delicatesen” o gourmets.

La presentación más común es deshidratada ya sea cubierta de chocolate o para la preparación de chamoy. En resumen, cerca del 70 y 80% de la producción se destina a la industria del proceso y el 20% al mercado fresco (Medina y Aguirre, 2007).

**Figura 15.1** Actores y sistema producto del valle fresero Michoacano.



Fuente: Elaboración propia en base de Lundy (2007) y de Boucher y Salas (2007).

## 15.6 Resultados empíricos

De los cuadros 15.5 a 15.8 se observan los resultados de las proyecciones del nivel de la depreciación del suelo por las actividades del cultivo del maíz y de la fresa en los 4 escenarios planteados.

En el cuadro 15.5 por ejemplo, se puede observar que si el municipio de Zamora mantuviera la misma tendencia de crecimiento en la producción de la fresa ( $E_1$ ) la depreciación incrementaría en 1269.02 miles de pesos, si en cambio, la producción incrementara en un 50% ( $E_2$ ) la depreciación del suelo incrementaría en 1522.83 miles de pesos y así sucesivamente para cada municipio.

**Cuadro 15.5** Proyecciones de escenarios de la inversión ( $r_{ij}$ ) para mitigar daños del suelo agrícola.  
Municipio de Zamora

Cultivo de la fresa						Cultivo del maíz					
Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total	Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total
E0	394.46	263.22	354.56	2.98	1015.22	E0	74.23	49.53	66.72	0.56	191.05
E1	493.07	329.02	443.20	3.73	1269.02	E1	86.11	57.46	77.40	0.65	221.62
E2	591.69	394.83	531.84	4.47	1522.83	E2	97.99	65.38	88.07	0.74	252.18
E3	276.12	184.25	248.19	2.09	710.65	E3	63.10	42.10	56.71	0.48	162.39

Fuente: Elaboración propia a partir de la MIP de Zamora del 2003 y los datos de la cuenta satélite del cuadro 15.4.

El caso donde se presenta la mayor degradación del suelo es en el municipio de Tangancícuaro cuando incrementa al doble la producción actual de fresa ( $E_2$ ), dando como resultado una depreciación de 2300.80 miles de pesos.

Dado que Tangancícuaro tiene en promedio la tasa de crecimiento más grande para el periodo 2007-2011 con 45% (ver tabla 15.1 de anexo estadístico) que es utilizada como criterio para el aumento de la producción para el futuro deseable (i.e. la producción logra un incremento).

**Cuadro 15.6** Proyecciones de escenarios de la inversión ( $r_{ij}$ ) para mitigar daños del suelo agrícola.  
Municipio de Ixtlán

Cultivo de la fresa						Cultivo del maíz					
Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total	Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total
E0	471.78	314.81	424.06	3.57	1214.22	E0	70.44	47.00	63.31	0.53	181.29
E1	594.44	396.66	534.31	4.50	1529.91	E1	76.78	51.23	69.01	0.58	197.61
E2	717.10	478.51	644.57	5.42	1845.61	E2	83.12	55.46	74.71	0.63	213.92
E3	330.25	220.37	296.84	2.50	849.95	E3	59.87	39.95	53.82	0.45	154.10

Fuente: Elaboración propia a partir de la MIP de Ixtlán del 2003 y los datos de la cuenta satélite del cuadro 15.4.

**Cuadro 15.7** Proyecciones de escenarios de la inversión ( $r_{ij}$ ) para mitigar daños del suelo agrícola.  
Municipio de Tangancícuaro

Cultivo de la fresa						Cultivo del maíz					
Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total	Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total
E0	470.51	313.96	422.92	3.56	1210.95	E0	87.31	58.26	78.48	0.66	224.71
E1	682.24	455.25	613.23	5.16	1755.87	E1	96.91	64.67	87.11	0.73	249.42
E2	893.97	596.53	803.54	6.76	2300.80	E2	106.52	71.08	95.74	0.81	274.14
E3	329.36	219.78	296.04	2.49	847.66	E3	74.21	49.52	66.71	0.56	191.00

Fuente: Elaboración propia a partir de la MIP de Tangancícuaro del 2003 y los datos de la cuenta satélite del cuadro 15.4.

**Cuadro 15.8** Proyecciones de escenarios de la inversión ( $r_{ij}$ ) para mitigar daños del suelo agrícola. Municipio de Jacona

Cultivo de la fresa					Cultivo del maíz						
Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total	Escenarios	k	N	Ca	P	Depreciación total
E0	403.07	268.96	362.30	3.05	1037.37	E0	85.51	57.06	76.86	0.65	220.07
E1	487.71	325.44	438.38	3.69	1255.22	E1	107.74	71.89	96.84	0.81	277.07
E2	572.36	381.93	514.46	4.33	1473.07	E2	129.97	86.73	116.83	0.98	334.51
E3	282.15	188.27	253.61	2.13	726.16	E3	72.68	48.50	65.33	0.55	187.06

Fuente: Elaboración propia a partir de la MIP de Jacona del 2003 y los datos de la cuenta satélite del cuadro 15.4.

Con los resultados mostrados en estos últimos 4 cuadros se puede acreditar las dos hipótesis de investigación señaladas en la parte introductoria de este trabajo.

Por un lado tenemos la producción agrícola de un cultivo destinado a la exportación que presenta para el total de la región del valle fresero de Michoacán un promedio de 1119.44 miles de pesos de depreciación del suelo por el deterioro de los nutrientes, principalmente en K que constituye en promedio 434.95 miles de pesos.

Por su parte, el cultivo que se seleccionó para este trabajo como aquel que representa una actividad agrícola para el autoconsumo representa en promedio para la región una depreciación menor de 204.28 miles de pesos.

### 15.6.1 Eficiencia Técnica Global (ETG)

Finalmente en el cuadro 15.9 se muestra la ETG que tienen los municipios en mitigar los daños de la depreciación del suelo por la actividad de los cultivos de la fresa.

A partir de los coeficientes de inversión ( $r_{ij}$ ) que se requieren para mitigar los daños al suelo y considerando únicamente los resultados referidos al nutriente del potasio (K) por dos razones: a) Representa el nutriente más poderoso para proteger a los cultivos antes los cambios climáticos más fuertes como la sequía y las heladas y b) Es el nutriente que representa tanto para la agricultura del maíz y de la fresa el de mayor deterioro en el suelo.

De acuerdo al cuadro 15.9 y con los resultados del ETG obtenido a través del modelo DEA con orientación input, el municipio de Zamora es el más eficiente para mitigar los daños de la depreciación del suelo mientras que los otros 3 se encuentran constantes en un 15% de eficientes, es decir, requieren aumentar sus coeficientes de inversión ( $r_{ij}$ ) en un 85%<sup>99</sup>.

<sup>99</sup> El grado de eficiencia que se obtiene corresponde solo para la comparación de los 4 municipios y no a un margen general o estipulado.

**Cuadro 15.9** ETG de los municipios en mitigar la depreciación del suelo con Escenario base.

Municipio	E0	INPUTS	OUTPUTS	ETG
ZAMORA	fresa	394.46	1015.22	1
IXTLÁN	fresa	471.78	1214.22	0.15
TANGANCÍCUARO	fresa	470.51	1210.95	0.15
JACONA	fresa	403.07	1037.37	0.15

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la proyección E<sub>0</sub>.

Como inputs se utilizaron los coeficientes de inversión ( $r_{ij}$ ) para mitigar los daños del suelo con el nutriente K en el escenario E<sub>0</sub> para el cultivo de la fresa y como output el nivel de depreciación del suelo provocado por los nutrientes de k, N, Ca y P del mismo escenario E<sub>0</sub>.

## 15.7 Conclusiones

Es necesario impulsar la mejora de metodologías que ayuden a generar información para reorientar las políticas enfocadas al medio ambiente y a la producción de alimentos.

La viabilidad de la metodología utilizada en este trabajo abarca tres aspectos: i) Gran adaptación para el análisis de otro cultivo o municipio al poder integrar la información estadística correspondiente tanto en la MIP y en la CS, ii) Utiliza modelos híbridos que ahorran costos y tiempo para su construcción y iii) La CS se puede reconstruir según el objetivo a perseguir, es decir, permite permutaciones en los valores de los nutrientes, tipo de fertilizantes y costos según el tipo de cultivo.

La metodología utilizada podría ayudar a cumplir varios de los objetivos que persigue la reciente Ley General de Cambio Climático.<sup>100</sup>

Tales como la generación de información estadística que ayude actualizar el atlas estatal y nacional de riesgo<sup>101</sup> estipulado en el párrafo IV de su artículo 7°, realizar análisis de prospectiva sectorial para estimar costos futuros asociados al desarrollo sustentable, medio ambiente y cambio climático como se indica en el párrafo V del artículo 15 de la misma Ley.

Dado que las CS son amigables para la permutación de datos ayudaría también a monitorear los riesgos que ocasionan las actividades de organismos genéticamente modificados en el medio ambiente y la diversidad biológica que se suscribe al apartado I del artículo 22, proporcionando también información de los resultados que implica manejar cierto tipo y cantidad de fertilizantes para elaborar programas en materia del manejo sustentable de tierras como se indica en el apartado XIV del artículo 30 de la misma ley.

<sup>100</sup> Publicada el 6 de Junio de 2012 cuyos objetivos principales es la regulación de acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático y el diseño de programas y políticas públicas para la adaptación del cambio climático desde cada uno de los niveles de gobierno.

<sup>101</sup> El Atlas considera “escenarios de vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático, atendiendo de manera preferencial más vulnerable y las zonas de mayor riesgo, así como a las islas, zonas costeras y deltas de ríos” (Ley General de Cambio Climático, 2012: 17), *ergo*, considera análisis prospectivo.

La Comisión Especial de Prospectiva para la Definición del Futuro de México en su primer informe de labores (Congreso de la Unión: 2007) aprobó en materia de medio ambiente, la construcción de alternativas para el calentamiento global por lo que resultados de investigaciones como la que expone este trabajo proporcionarían un pequeño elemento a la vasta tarea que comprende ésta materia y que a pesar de tener 4 años insertada dentro de los grandes objetivos en política ambiental tiene hasta el día de hoy grandes vacíos.

Un foco rojo detectado con el ejercicio de la rentabilidad económico-ambiental de la región del valle fresero de Michoacán es que el nutriente más importante para proteger el deterioro de los cultivos ante los cambios drásticos del clima como la sequía, es el que a su vez requiere de mayor inversión por la mitigación de la depreciación del suelo.

Por lo que sería necesario realizar una supervisión a las actividades de agricultura intensiva como los cultivos de fresa que utilizan fertilizantes ricos en potasio.

## Apéndice estadístico

**Tabla 15.1** Tasas de crecimiento del VBP de los cultivos del maíz y la fresa. Periodo 2007-2011

Municipio	Cultivo	2008	2009	2010	2011	Promedio
Zamora	Fresa	0.49	-0.21	0.14	0.58	0.25
	Maíz	-0.20	-0.06	0.54	0.38	0.16
Tangancícuaro	Fresa	1.25	0.18	-0.07	0.45	0.45
	Maíz	0.09	-0.11	0.47	-0.02	0.11
Jacona	Fresa	-0.15	0.38	0.13	0.47	0.21
	Maíz	0.23	0.12	-0.17	0.84	0.26
Ixtlán	Fresa	0.49	0.03	-0.02	0.53	0.26
	Maíz	-0.19	-0.12	0.50	0.17	0.09
Σ Promedio Maíz						0.15
Σ Promedio Fresa						0.29

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, varios años.

El cálculo del aprovechamiento efectivo de los fertilizantes puede realizarse mediante la fórmula:

$$\text{Cantidad de fertilizante / parcel} = \frac{\text{Dosis nutriente (kg/ha)} \times \text{área parcela en m}^2}{\% \text{ de nutriente en el fertilizante} \times 100}$$

A continuación se muestran las MIP de cada municipio agregando las actividades secundarias y terciarias para efectos de presentación, pero dejando la desagregación de las actividades primarias en: actividades del cultivo de la fresa, actividades del cultivo del maíz y actividades de la agricultura, ganadería y pesca como actividades primarias.

#### Matriz insumo producto del municipio de Zamora

	Primario	Actividad de la fresa	Actividad del maíz	Secundario	Terciario	DI	DF	VBP
Primario	9046.717	5022.474	945.156	82942.459	0.798	96863.81	263275.32	360139.13
Actividad de la fresa	3026.232	1680.076	316.166	27745.219	0.267	32767.96	167170.8	199938.76
Actividad del maíz	569.492	316.166	59.498	5221.242	0.050	6166.4475	31459.0825	37625.53
secundario	7927.664	4401.208	828.243	166467.902	42318.025	221943.04	1167187.96	1389131
terciario	16724.253	9284.818	1747.266	165374.883	183617.372	376748.59	2510210.54	2897607
CI	89563.5243	49723.0612	9357.14781	1041522	994823			
VA	270575.606	150215.699	28268.3822	347609	1902784			
VBP	360139.13	199938.76	37625.53	1389131	2897607			

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP de México 2003 y los Censos Económicos 2004, INEGI.

#### Matriz insumo producto del municipio de Tangancícuaro

	Primario	Actividad de la fresa	Actividad del maíz	Secundario	Terciario	DI	DF	VBP
Primario	14172.653	389.581	452.112	5719.803	0.212	96863.81	263275.32	360139.13
Actividad de la fresa	367.741	10.109	11.731	148.413	0.006	32767.96	167170.8	12969.37
Actividad del maíz	426.767	11.731	13.614	172.235	0.006	6166.4475	31459.0825	15051.05
secundario	4396.166	120.843	140.239	4491.809	847.840	221943.04	1167187.96	1389131
terciario	2674.155	73.508	85.306	1185.414	1118.926	376748.59	2510210.54	2897607
CI	21242.9737	583.9315	677.656833	11736.7165	1966.99058			
VA	450572.616	12385.4385	14373.3932	49047.2835	63942.0094			
VBP	471815.59	12969.37	15051.05	60784	65909			

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP de México 2003 y los Censos Económicos 2004, INEGI.

## Matriz insumo producto del municipio de Jacona

	Primario	Actividad de la fresa	Actividad del maíz	Secundario	Terciario	DI	DF	VBP
Primario	10082.461	4707.649	224.236	77858.079	0.215	96863.81	263275.32	360139.13
Actividad de la fresa	3161.289	1476.052	70.308	24411.885	0.067	32767.96	167170.8	97119.48
Actividad del maíz	150.579	70.308	3.349	1162.793	0.003	6166.4475	31459.0825	4626.02
secundario	7364.041	3438.379	163.778	242482.538	19706.085	221943.04	1167187.96	1389131
terciario	1079.108	503.851	24.000	19692.386	9578.837	376748.59	2510210.54	2897607

CI	13461.3379	6285.29587	299.382826	378117.66	29285.2415
VA	194541.302	90834.1841	4326.63717	828638.34	628305.759
VBP	208002.64	97119.48	4626.02	1206756	657591

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP de México 2003 y los Censos Económicos 2004, INEGI.

## Matriz insumo producto del municipio de Ixtlán

	Agricultura	Actividad de la fresa	Actividad del maíz	Secundario	Terciario	DI	DF	VBP
Agricultura	10082.461	4707.649	224.236	370.923	0.072	96863.81	263275.32	360139.13
Actividad de la fresa	3161.289	1476.052	70.308	71.811	0.014	32767.96	167170.8	32923.98
Actividad del maíz	150.579	70.308	3.349	54.927	0.011	6166.4475	31459.0825	25183.03
secundario	7364.041	3438.379	163.778	228.766	93.409	221943.04	1167187.96	1389131
terciario	1079.108	503.851	24.000	25.712	157.128	376748.59	2510210.54	2897607

CI	13461.3379	6285.29587	299.382826	817.91707	250.646417
VA	194541.302	90834.1841	4326.63717	5164.08293	14966.3536
VBP	208002.64	97119.48	4626.02	5982	15217

Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP de México 2003 y los Censos Económicos 2004, INEGI.

## Referencias

Boucher, F. y Salas, I. (2007). La cadena productiva de la fresa en México: el acceso de los productores al mercado. [En: Berdegué, J. y Sanclemente, X. (coord.) La fresa en Michoacán: los retos del mercado]. Gobierno del Estado de Michoacán, SEDAGRO y Consejo Estatal de la Fresa. pp. 33-50

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2007). Acta de la primera sesión de trabajo de la Comisión Especial de Prospectiva para la Definición del Futuro de México. 30 de Mayo de 2007. Consultado el 31 julio de 2012 en: <http://gaceta.diputados.gob.mx/Gaceta/60/2009/ago/AnexosV-XVI.pdf>

Cambio de Michoacán (2012). Sólo 3 estudios de impacto ambiental ha recibido SUMA de 92 sistemas antigranizo. Consultado el 9 de Julio de 2012 en: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/vernota.php?id=178049>

Celis, F. (1988), "El espacio, la región y la regionalización", Revista Análisis Regional. pp. 11-23.

CONAZA (2012). Resultados e Impactos obtenidos COUSSA (coejercicio) y COUSSA-PESA-POH 2009. Consultado el 9 de agosto de 2012 en: <http://www.conaza.gob.mx/index.php/programas/informe-de-labores>

FAO (2007). Cambio climático y seguridad alimentaria: un documento marco. [Preparado por el Grupo de Trabajo Interdepartamental de la FAO]. Roma, Italia. Consultado el 11 de agosto de 2012 en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0145s/i0145s00.pdf>

FAO, Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Roma, Italia. FAO e IFA, 2002. 77 pp.

Fuentes, N., Lugo, S., Herrera, M., Matriz de Insumo-Producto para Baja California; Un enfoque híbrido. Editorial Porrúa, 2004. 168 pp.

Giner, R., Fierro, L. y Negrete, L. (2011). Análisis de la problemática de la sequía 2011-2012 y sus efectos en la ganadería y la agricultura de temporal. CONAZA. Saltillo, Coahuila. Consultado el 15 de agosto de 2012 en: <http://www.conaza.gob.mx/boletin5.pdf>

Godet, M., La caja de herramientas de la prospectiva estratégica. Problemas y métodos. Zarauts, España. Cuaderno número 5 de Laboratoire d'Investigation Prospective et Stratégique, 2000. 108 pp.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P., Metodología a la investigación. México, D.F. McGraw-Hill Interamericana, 2006. 850 pp.

INEGI (2003), Matriz insumo producto. Matriz simétrica total de insumo-producto a 79 subsectores. Consultado el 15 de agosto de 2012 en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/MatrizInsumoProducto/default.aspx?s=est&c=17255>

INEGI (2004), Censos Económicos. Consultado el 5 de agosto de 2012 en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2004/default.aspx>

INEGI (2007), Censo Agropecuario [VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, Aguascalientes, Ags. 2009]. Consultado el 5 de agosto de 2012 en: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados\\_Agricola/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/Agro/ca2007/Resultados_Agricola/default.aspx)

INEGI (2008), Anuario Estadístico de Michoacán de Ocampo.

INEGI (2010), Censos y Conteos de Población y Vivienda. Consultado el 10 de agosto de 2012 en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>

INEGI, Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México 2002 SCIAN. México, D.F., 2002. 533 pp.

La Jornada Michoacán (2012). Hay “intereses políticos” detrás de las manifestaciones contra cañones antigranizo. Consultado el 8 de julio de 2012 en: <http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2012/07/10/hay-intereses-politicos-detras-de-las-manifestaciones-contra-cañones-antigranizo/>

La Jornada Michoacán (2012b). Instituciones educativas determinarán el impacto de cañones antigranizo. Consultado el 8 de julio de 2012 en: <http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2012/07/18/instituciones-educativas-determinaran-el-impacto-de-cañones-antigranizo/>

Ley General del Cambio Climático. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Publicada el 6 de Junio de 2012 en el DOF. En: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>

Lundy, M. (2007). Análisis del sistema producto fresa en el valle de Zamora, Michoacán, México. [En: Berdegué, J. y Sanclemente, X. (coord.) La fresa en Michoacán: los retos del mercado]. Gobierno del Estado de Michoacán, SEDAGRO y Consejo Estatal de la Fresa. Pp. 51-64

Mariña, A., Insumo-producto: aplicaciones básicas al análisis económico estructural. México, D.F. UAM Atzacapotzalco, 1993. 381 pp.

Medina, R. y Aguirre, M. (2007). El sistema fresa en México y Michoacán. [En: Berdegué, J. y Sanclemente, X. (coord.) La fresa en Michoacán: los retos del mercado]. Gobierno del Estado de Michoacán, SEDAGRO y Consejo Estatal de la Fresa. Pp. 15-30

México en Cifras: Información Nacional, por Entidad Federativa y Municipios, INEGI. Consultado el 15 de agosto de 2012 en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/>

Miller, R. & Blair, P., Input-output analysis: foundations and extensions. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall, 1985. 464 pp.

Mojica, F. (2006), “Concepto y aplicación de la prospectiva estratégica”, Revista Med, número 1 (vol. 14) pp. 122-131

Moreno, G., Integración del Insumo Producto y las Cuentas Satélites en el análisis socioeconómico y agroecológico de regiones agrícolas. Un estudio de caso para el asentamiento Neguev, en la Zona Atlántica de Costa Rica (Tesis de Maestría). San José, Costa Rica. Universidad Nacional de Heredia, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y Atlantic Zone Programme, 1995. 124 pp.

Perales, A. y Reyes, L. (2009). La apertura comercial y el sector agroalimentario de México. [En Sandoval, J. (comp.) TLCAN, balance general e impactos subregionales y sectoriales]. Universidad Autónoma Chapingo y Red Mexicana de Acción frente al Libre Comercio.

Pimentel, J., Velázquez, M., Seefoó, J. y Flores, N. (2008). Impacto socioeconómico de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca del río Duero y su importancia en la producción de fresa. SAGARPA-CONAFRE A.C.

SAGARPA (2012). Fortalece seguridad alimentaria las acciones federales contra la sequía: CDMRS. [Comunicado de prensa 29 de enero de 2012]. México, D.F.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción anual de agricultura y ganadería, varios años. Consultado el 5 de agosto de 2012 en: <http://www.siap.gob.mx>

Stoorvogel, J., Smalling, J. y Janssen, B. (1993), "Calculating soil nutrient balances in Africa at different scales", *Fertilizer Research*, número 3 (Vol. 35). Pp. 227-235.

Trillo del Pozo, D. (2002). Análisis económico y eficiencia del sector público. Conferencia presentada para el VII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública. 8 al 11 de octubre de 2002, Lisboa, Portugal.

United Nations, Handbook Input-output table compilation and analysis. New York. Department of Economic and Social Affairs, 1999. 265 pp.

Wolsky, A. (1984), "Disaggregating Input-Output Models", *The Review of Economics and Statistics*, número 2 (Vol. 66). pp. 283-291