

PRODUCTIVIDAD TOTAL DE LOS FACTORES EN LA AGRICULTURA Y HORTICULTURA MEXICANA: 1991-2005

Miguel Ángel Martínez-Damián^{1*}; María Teresa Martínez-Damián²

¹Colegio de postgraduados. Programa de Economía. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México, MÉXICO. C.P. 56230.

Correo-e: angel01@colpos.mx (*Autor para correspondencia).

²Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia. km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, MÉXICO. C.P. 56230.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue medir el índice de productividad total de los factores (PTF) y analizar el comportamiento del mismo bajo la hipótesis de que este muestra una tendencia creciente. Entre los métodos utilizados para medir la PTF, en el sector agropecuario se destaca la aproximación de índices de cantidad encadenados. La elección de tal índice fue el Törnqvist-Theil. Aquí se midió el comportamiento de la PTF con el fin de dar respuesta al comportamiento de la productividad de la agricultura y horticultura mexicana en el periodo 1990-2005. Los resultados permitieron concluir que la PTF no crece, ya que sólo hubo crecimiento positivo en la PTF para seis de los catorce años estudiados. Una explicación de este comportamiento se basa en que los precios de los productos agrícolas han crecido menos que el precio de los factores. En particular, la relación de índices de precios muestra que ésta es favorable a la agricultura y horticultura sólo en cuatro de los catorce años considerados.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: Índice Törnqvist, índice superlativo, tasa de crecimiento.

TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY IN MEXICAN AGRICULTURE AND HORTICULTURE: 1991-2005

ABSTRACT

The aim of this research was to measure total factor productivity (TFP) and analyze its behavior under the hypothesis that it shows an increasing trend. Among the methods used to measure TFP in the agricultural sector, chained quantity indexes stand out; the one used here was the Törnqvist-Theil index. TFP behavior was measured in order to determine Mexican agriculture and horticulture productivity behavior in the period 1990-2005. The results allow concluding that TFP did not grow, since there was positive TFP growth for only six out of the fourteen years studied. One explanation for this behavior is based on the fact that agricultural product prices have grown less than input prices. In particular, the ratio of agricultural product price indexes to factor price indexes favors agriculture and horticulture in only four of the fourteen years considered.

ADDITIONAL KEYWORDS: Törnqvist Index, superlative index, growth rate.

INTRODUCCIÓN

Ahearn *et al.* (1998) señalan que el crecimiento de la productividad en un país es la clave para una economía saludable y próspera. En consecuencia, la tendencia de la productividad es uno de los indicadores económicos más vigilados. El incremento de la productividad mejora el nivel de vida de la sociedad, ya que dicho cambio se transmite en forma de precios más bajos al consumidor final. Mayor productividad en un sector permite reasignar recursos hacia otros sectores de la economía. Al considerar el comercio internacional en la agricultura, por ejemplo, el incremento en la productividad genera una mayor competitividad del sector agrícola doméstico respecto de la agricultura del resto del mundo. La productividad muestra el crecimiento de los productos que no ha sido contabilizado por el crecimiento de los factores de la producción. En este sentido, la productividad se mide como un residual. Éste es más comúnmente conocido como productividad total de los factores (PTF), que es el cociente del total de los productos respecto del total de factores empleados en su producción. Si la relación entre el total de los productos respecto del total de los factores crece, significa que se puede obtener un mayor número de productos con un determinado nivel de insumos. El enfoque “convencional” para medir la PTF de la agricultura es incluir únicamente a los productos e insumos que están bajo el control de los agricultores y para los que existe un mercado. Lanteri (2005) afirma que uno de los métodos utilizados para medir la PTF en el sector agropecuario es la propuesta de los números índice. En el trabajo aquí reportado se utilizó dicho método.

El objetivo principal de la presente investigación fue medir el índice de PTF y analizar el comportamiento del mismo, bajo la hipótesis de que éste muestra una tendencia creciente. Un segundo objetivo fue medir el comportamiento de la relación precio de productos agrícolas respecto del precio de los factores para entender el entorno de mercado de la agricultura en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para construir un estimador de la PTF del sector agrícola mexicano se obtuvieron series estadísticas de producción y precio de 81 productos agrícolas y hortícolas, así como de la cantidad empleada y el precio de 20 factores de la producción (Cuadro 1). Se utilizó información de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO– (Anónimo, 2005), la Secretaría de Energía –Sener– (Anónimo, 2012d), el Consejo Nacional Agropecuario –CNA– (Anónimo, 2012e), el Instituto Nacional de Valuación Agropecuaria y Forestal, A. C. –INVAF– (Anónimo, 2012c) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía –INEGI– (Anónimo, 2012a). Las series estadísticas abarcan el periodo 1991-2005. Como herramientas de

INTRODUCTION

Ahearn *et al.* (1998) state that productivity growth in a country is the key to a healthy and prosperous economy. Consequently, the trend in productivity is one of the most closely watched economic indicators. Increased productivity improves living standards in a society, since this change is transmitted in the form of lower prices to the end consumer. Higher productivity in a sector allows reallocating resources to other sectors of the economy. When considering international trade in agriculture, for example, increased productivity leads to greater competitiveness of the domestic agricultural sector with regard to the agriculture of the rest of the world. Productivity shows the growth in outputs that has not been accounted for by the growth in production factors. In this sense, productivity is measured as a residual. This is more commonly known as total factor productivity (TFP), which is the ratio of total outputs to total factors used in their production. If the ratio between total outputs and total factors grows, it means a greater number of outputs can be obtained with a certain level of inputs. The “conventional” approach to measuring agriculture TFP is to include only the outputs and inputs that are under the control of the farmers and for which there is a market. Lanteri (2005) states that one of the methods used to measure TFP in the agricultural sector is the index number system, which is the method used in this study.

The main objective of this research was to measure TFP and analyze its behavior under the hypothesis that it shows an increasing trend. A second objective was to measure the behavior of the ratio of agricultural product prices to input prices to understand the agricultural market environment in Mexico.

MATERIALS AND METHODS

To construct an estimator of TFP in the Mexican agricultural sector, statistical production and price series of 81 agricultural and horticultural products, as well as that of the quantity used and the prices of 20 factors of production, were obtained (Table 1). Information was used from the Food and Agriculture Association of the United Nations –FAO– (Anonymous, 2005), the Secretariat of Energy –Sener– (Anonymous, 2012d), the National Agricultural Council –CNA– (Anonymous, 2012e), the National Institute of Agricultural and Forest Valuation, a non-profit organization –INVAF– (Anonymous, 2012c), and the National Institute of Statistics and Geography –INEGI– (Anonymous, 2012a). The statistical series span the period 1991-2005. As support tools, the SASTM System for WindowsTM version 9.0 in Spanish and MicrosoftTM Excel software programs were used. Price and quantity data for agricultural products were obtained from the FAO FAOSTAT internet database (Anonymous, 2012b). The price and quantity data for the factors of production were mostly generated.

CUADRO 1. Relación de productos y factores de la producción agrícola empleados en el análisis.

| Productos agrícolas | | Factores de la producción |
|---|--|------------------------------------|
| Aceite de palma (<i>Elaeis</i> sp.) | Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>) | Mano de obra |
| Aceituna (<i>Olea europaea</i>) | Legumbres | Tractores de más de 60 hasta 80 CF |
| Aguacate (<i>Persea americana</i>) | Lenteja (<i>Lens esculenta</i>) | Tractores de más de 80 CF |
| Ajo (<i>Allium sativum</i>) | Limón (<i>Citrus lemon</i>) | Máquinas fertilizadoras |
| Albaricoque (<i>Prunus americana</i>) | Maíz (<i>Zea mays</i>) | Equipo forrajero |
| Alcachofa (<i>Cynara scolymus</i>) | Maní (<i>Arachis hypogaea</i>) | Arados |
| Almendra (<i>Prunus amygdalus</i>) | Manzana (<i>Malus</i> sp.) | Aspersores |
| Anís (<i>Pimpinella anisum</i>) | Melocotón (<i>Prunus persica</i>) | Rastras y picadoras |
| Arroz de cáscara (<i>Oryza sativa</i>) | Naranja (<i>Citrus</i> spp.) | Cosechadoras |
| Avena (<i>Avena sativa</i>) | Nueces (<i>Juglans</i> sp.) | Sembradoras |
| Bananos (<i>Musa</i> spp.) | Nuez de coco (<i>Cocos nucifera</i>) | Energía eléctrica |
| Batatas (<i>Ipomoea batatas</i>) | Melones (<i>Cucumis</i> sp.) | Diesel |
| Berenjena (<i>Solanum melongena</i>) | Papa (<i>Solanum tuberosum</i>) | Fertilizantes nitrogenados |
| Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) | Papaya (<i>Carica papaya</i>) | Fertilizantes fosfatados |
| Café verde (<i>Coffea arabica</i>) | Pepino (<i>Ecballium elaterium</i>) | Fertilizantes potásicos |
| Calabaza (<i>Cucurbita</i> spp.) | Pera (<i>Pyrus communis</i>) | Insecticidas para uso líquido |
| Cultivos-azucareros | Membrillo (<i>Cydonia oblonga</i>) | Insecticidas para uso en polvo |
| Cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) | Pimienta (<i>Piper nigrum</i>) | Herbicidas |
| Cebolla (<i>Allium</i> spp.) | Piña (<i>Ananas comosus</i>) | Fungicidas |
| Chiles en verde (<i>Capsicum</i> spp.) | Pistacho (<i>Pistachia vera</i>) | Tierra |
| Chiles secos | Puerro (<i>Allium porrum</i>) | |
| Ciruela (<i>Prunus</i> sp.) | Raíces y tubérculos | |
| Coles (<i>Brassica</i> spp.) | Sandía (<i>Citrullus vulgaris</i>) | |
| Coliflor (<i>Brassica oleracea</i>) | Semilla de algodón (<i>Gossypium</i> sp.) | |
| Dátil (<i>Phoenix dactylifera</i>), | Semilla de Mostaza (<i>Brassica juncea</i>) | |
| Espárrago (<i>Asparagus officinalis</i>) | Semilla de Girasol (<i>Helianthus annus</i>) | |
| Espinaca (<i>Spinacia oleracea</i>) | Ajonjolí (<i>Sesamum indicum</i>) | |
| Frambuesa (<i>Rubus</i> sp.) | Semillas oleaginosas | |
| Fresa (<i>Fragaria</i> spp.) | Soja (<i>Glycine max</i>) | |
| Frijol seco (<i>Phaseolus vulgaris</i>) | Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>) | |
| Frutos cítricos (<i>Citrus</i> spp.) | Tangerinas y mandarinas (<i>Citrus</i> spp.) | |
| Garbanzo (<i>Cicer arietum</i>) | Tomate (<i>Lycopersicum</i> sp.) | |
| Guayaba (<i>Psidium guajava</i>) | Toronjas (<i>Citrus aurantium</i>) | |
| Guisantes secos (<i>Pisum</i> spp.) | Pomelo (<i>Citrus grandis</i>) | |
| Guisantes verdes (<i>Pisum</i> spp.) | Trigo (<i>Triticum vulgare</i>) | |
| Haba (<i>Vicia faba</i>) | Uva (<i>Vitis vinifera</i>) | |
| Higo (<i>Ficus caricia</i>) | Vainilla (<i>Vanilla planifolia</i>) | |
| Hortalizas-leguminosas, | Yuca (<i>Manihot sculenta</i>) | |
| Judías verdes (<i>Phaseolus vulgaris</i>) | Zanahoria (<i>Daucus carota</i>) | |

TABLE 1. List of products and agricultural production factors used in the analysis.

| Agricultural products | | Factors of production |
|--|--|-------------------------------|
| Palm oil (<i>Elaeis</i> sp.) | Lettuce (<i>Lactuca sativa</i>) | Labor |
| Olive (<i>Olea europaea</i>) | Leaf vegetables | Tractors with 60-80 HP |
| Avocado (<i>Persea americana</i>) | Lentil (<i>Lens esculenta</i>) | Tractors with more than 80 HP |
| Garlic (<i>Allium sativum</i>) | Lemon (<i>Citrus lemon</i>) | Fertilizing machines |
| Apricot (<i>Prunus americana</i>) | Maize (<i>Zea mays</i>) | Forage equipment |
| Artichoke (<i>Cynara scolymus</i>) | Peanut (<i>Arachis hypogaea</i>) | Ploughs |
| Almond (<i>Prunus amygdalus</i>) | Apple (<i>Malus</i> sp.) | Sprinklers |
| Anise (<i>Pimpinella anisum</i>) | Peach (<i>Prunus persica</i>) | Harrows and choppers |
| Asian rice (<i>Oryza sativa</i>) | Orange (<i>Citrus</i> spp.) | Harvesters |
| Oats (<i>Avena sativa</i>) | Walnuts (<i>Juglans</i> sp.) | Seeders |
| Bananas (<i>Musa</i> spp.) | Coconut (<i>Cocos nucifera</i>) | Electric power |
| Sweet potatoes (<i>Ipomoea batatas</i>) | Melons (<i>Cucumis</i> sp.) | Diesel |
| Eggplant (<i>Solanum melongena</i>) | Potato (<i>Solanum tuberosum</i>) | Nitrogen fertilizers |
| Cacao (<i>Theobroma cacao</i>) | Papaya (<i>Carica papaya</i>) | Phosphate fertilizers |
| Green coffee (<i>Coffea arabica</i>) | Cucumber (<i>Ecballium elaterium</i>) | Potassium fertilizers |
| Pumpkin (<i>Cucurbita</i> spp.) | Pear (<i>Pyrus communis</i>) | Liquid Insecticides |
| Sugar crops | Quince (<i>Cydonia oblonga</i>) | Powder Insecticide |
| Barley (<i>Hordeum vulgare</i>) | Pepper (<i>Piper nigrum</i>) | Herbicides |
| Onion (<i>Allium</i> spp.) | Pineapple (<i>Ananas comosus</i>) | Fungicides |
| Green peppers (<i>Capsicum</i> spp.) | Pistachio (<i>Pistachia vera</i>) | Land |
| Dried peppers | Leak (<i>Allium porrum</i>) | |
| Plum (<i>Prunus</i> sp.) | Roots and tubers | |
| Cabbage (<i>Brassica</i> spp.) | Watermelon (<i>Citrullus vulgaris</i>) | |
| Cauliflower (<i>Brassica oleracea</i>) | Cottonseed (<i>Gossypium</i> sp.) | |
| Date palm (<i>Phoenix dactylifera</i>), | Mustard seed (<i>Brassica juncea</i>) | |
| Asparagus (<i>Asparagus officinalis</i>) | Sunflower seed (<i>Helianthus annus</i>) | |
| Spinach (<i>Spinacia oleracea</i>) | Sesame (<i>Sesamum indicum</i>) | |
| Raspberry (<i>Rubus</i> sp.) | Oilseeds | |
| Strawberry (<i>Fragaria</i> spp.) | Soybean(<i>Glycine max</i>) | |
| Dry bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>) | Sorghum (<i>Sorghum vulgare</i>) | |
| Citrus fruits (<i>Citrus</i> spp.) | Tangerines and mandarins (<i>Citrus</i> spp.) | |
| Chickpea (<i>Cicer arietum</i>) | Tomato (<i>Lycopersicum</i> sp.) | |
| Guava (<i>Psidium guajava</i>) | Grapefruit (<i>Citrus aurantium</i>) | |
| Dry peas (<i>Pisum</i> spp.) | Pomelo (<i>Citrus grandis</i>) | |
| Green peas (<i>Pisum</i> spp.) | Wheat (<i>Triticum vulgare</i>) | |
| Bean (<i>Vicia faba</i>) | Grape (<i>Vitis vinifera</i>) | |
| Fig (<i>Ficus caricia</i>) | Vanilla (<i>Vanilla planifolia</i>) | |
| Pod vegetables, | Cassava (<i>Manihot sculenta</i>) | |
| Green beans (<i>Phaseolus vulgaris</i>) | Carrot (<i>Daucus carota</i>) | |

apoyo se usaron los programas SAS® System para Windows® versión 9.0 en español y Microsoft® Excel. Los datos de precio y cantidad de los productos agrícolas se obtuvieron de la base de datos de internet FAOSTAT de FAO (Anónimo, 2012b). Los datos de precio y cantidad de los factores de la producción fueron en su mayoría generados.

A continuación se describen los cálculos realizados para generar los datos de las series de los factores de la producción:

Mano de obra

Los datos de precio (P) y cantidad producida (Q) para el periodo 1991-2004 de la serie de mano de obra se obtuvieron del INEGI (Anónimo 2012a). El P del año 2005 se obtuvo al multiplicar el valor de 2004 por 1 más la tasa de inflación ($1+TI$), y la Q para ese mismo año se obtuvo al multiplicar el valor de 2004 por 1 más el promedio de las tasas de crecimiento ($1+PTC$) de dicha serie.

Maquinarias

Los datos de Q (1991-1995) de las series de tractores, de los dos rangos de caballos de fuerza (CF) que se tomaron, se obtuvieron del INEGI, volumen de producción mensual de tractores (Anónimo, 2012a), y los datos de P (1991-1995) se obtuvieron al hacer un promedio anual de promedios por cuatrimestre del valor de ventas mensual de la producción de tractores dividido entre el volumen de producción mensual de tractores. Los datos del periodo 1996-2005 tanto de P como de Q se generaron multiplicando al año previo al calculado por la tasa de crecimiento anual del valor de ventas de maquinaria e implementos agrícolas.

Los datos de Q (1994-2005) de las series de máquinas fertilizadoras, equipo forrajero, arados, aspersores, rastras y picadoras, cosechadoras y sembradoras se obtuvieron del INEGI, volumen de ventas mensual (Anónimo 2012a). Los datos del periodo 1991-1993 se generaron dividiendo el valor del año posterior al calculado entre $1+PTC$ (promedio de las tasas de crecimiento) de la serie. Los datos de P (1994-2005) se generaron al hacer un promedio anual del valor de ventas mensual de la producción de cada equipo, y los datos del periodo 1991-1993 se generaron dividiendo el valor del año posterior al calculado entre $1+TI$ (tasa de inflación).

Energía

Los datos de Q de la serie de energía eléctrica (consumo agrícola en gigawatt-hora) se obtuvieron de la Secretaría de Energía (Anónimo, 2012d), y los datos de P se generaron multiplicando el P del kilowatt-hora por 1 millón para obtener así pesos por gigawatt-hora.

Below the calculations performed to generate the data for the factors of production series are listed:

Labor

The data for price (P) and quantity (Q) for the period 1991-2004 for the labor series were obtained from the INEGI (Anonymous 2012a). The year 2005 P was obtained by multiplying the value of 2004 by 1 plus the inflation rate ($1+IR$), and Q for the same year was obtained by multiplying the value of 2004 by 1 plus the average growth rates ($1+AGR$) of this series.

Machinery

The Q data (1991-1995) for the tractor series, for the two horsepower (HP) ranges that were taken, were obtained from INEGI monthly tractor production volume figures (Anonymous, 2012a), and the P data (1991-1995) were obtained by making an annual average from per-quarter averages of the monthly sales value of tractor production divided by the volume of monthly tractor production. The data for the period 1996-2005, of both P and Q, were generated by multiplying the datum of the year previous to that calculated by the annual growth rate in the sales value of farm machinery and implements.

The Q data (1994-2005) for the machinery series, consisting of fertilizing machines, forage equipment, plows, sprinklers, harrows, choppers, harvesters and seeders, were obtained from INEGI monthly sales volume figures (Anonymous 2012a). The data for the period 1991-1993 were generated by dividing the value of the year after that calculated by $1+AGR$ (average of the growth rates) of the series. The P data (1994-2005) were generated by calculating an annual average from monthly production sales value figures of each type of equipment, and data for the period 1991-1993 were generated by dividing the value of the year after that calculated by $1+IR$ (inflation rate).

Energy

The Q data for the electric power series (agricultural consumption in gigawatt-hours) were obtained from the Secretariat of Energy (Anonymous, 2012d), and the P data were generated by multiplying the kilowatt-hour P by 1 million to obtain pesos per gigawatt-hour.

The Q data for the diesel series (agricultural consumption in liters) were generated from final diesel consumption by the agricultural sector in petajoules (Anonymous, 2012a): first the series was multiplied by 23 million (1 petajoule = 23 million kg of oil) and then this result was multiplied by 1.156069 (1 kg of diesel = 1.156069 liters of diesel). The P data for the diesel series (pesos per liter) were obtained from Sener (Anonymous, 2012d).

Los datos de Q de la serie de diesel (consumo agrícola en litros) se generaron a partir del consumo final de diesel del sector agropecuario en petajoules (Anónimo, 2012a): primero se multiplicó la serie por 23 millones (1 petajoule = 23 millones de kg de aceite) y posteriormente se multiplicó ese resultado por 1.156069 (1 kg de diesel = 1.156069 litros de diesel). Los datos de P de la serie de diesel (pesos por litro) se obtuvieron de la Sener (Anónimo, 2012d).

Agroquímicos

Los datos de Q de las series de fertilizantes nitrogenados y fertilizantes fosfatados se obtuvieron del INEGI, volumen de ventas mensuales (Anónimo 2012a). Los datos de P (1994-2005) son el promedio anual del valor de ventas mensual dividido entre el volumen de ventas. Los datos de P (1991-1993) se generaron al dividir entre $1+I$ al dato del año posterior al calculado.

Los datos de Q de la serie de fertilizantes potásicos se obtuvieron de FAO, consumo en toneladas de nutriente (Anónimo, 2012b). Los datos de P (1994-2004) se obtuvieron de la CNA (Anónimo, 2012e). Los precios estaban en dólares, así que se multiplicaron por el tipo de cambio promedio anual (Anónimo, 2012a) para convertirlos a pesos. Los datos de P (1991-1993, 2005) se generaron dividiendo al dato posterior al calculado entre $1+I$ y multiplicando al dato del año previo al calculado por $1+I$, en cada caso.

Los datos de Q (1994-2005) de las series de insecticidas para uso líquido, insecticidas para uso en polvo, herbicidas y fungicidas se obtuvieron del INEGI, volumen de ventas mensuales (Anónimo 2012a). Los datos del periodo 1991-1993 se generaron dividiendo el dato del año posterior al calculado entre $1+P$. Los datos de P (1994-2005) son el promedio anual del valor de ventas mensual. Los datos del periodo 1991-1993 se generaron dividiendo el dato del año posterior al calculado entre $1+I$.

Tierra

Los datos de Q (1991-2003) de la serie de tierra se obtuvieron de FAO (Anónimo, 2012b). Los datos del periodo 2004-2005 se generaron multiplicando el dato del año previo por $1+P$. Los datos de P se generaron de la siguiente manera: en primer lugar se obtuvo un promedio de valores máximos de valuaciones para cinco diferentes tipos de tierras de cultivo de 23 estados de la república (Anónimo, 2012c), el cual se le asignó al año 2005, después se calcularon los valores de los años previos (para los cinco diferentes tipos de tierras) dividiendo el valor del año posterior al calculado entre $1+I$, después se obtuvo un promedio de los cinco tipos de tierra para cada año, el cual se tomó como el valor de la tierra para cada año, y finalmente se multiplicaron esos valores por una tasa de interés del 7 % para obtener un valor equivalente a una renta.

Agrochemicals

The Q data for the nitrogen and phosphate fertilizer series were obtained from INEGI monthly sales volume figures (Anonymous 2012a). The P data (1994-2005) are the annual average of monthly sales value divided by the sales volume. The P data (1991-1993) were generated by dividing the datum of the year after that calculated by $1+I$.

The Q data for the potassium fertilizer series were obtained from FAO consumption in tons of nutrient figures (Anonymous, 2012b). The P data (1994-2004) were obtained from the CNA (Anonymous, 2012e). Prices were in dollars, so they were multiplied by the average annual exchange rate (Anonymous, 2012a) to convert them into pesos. The P data (1991-1993, 2005) were generated by dividing the datum of the year after that calculated by $1+I$ and multiplying the datum of the year prior to that calculated by $1+I$, in each case.

The Q data (1994-2005) for the series comprising liquid and powder insecticides, herbicides and fungicides were obtained from INEGI monthly sales volume figures (Anonymous, 2012a). The data for the period 1991-1993 were generated by dividing the datum of the year after that calculated by $1+I$. The P data (1994-2005) are the annual average of the monthly sales value. The data for the period 1991-1993 were generated by dividing the datum of the year after that calculated by $1+I$.

Land

The Q data (1991-2003) for the land series were obtained from FAO (Anonymous, 2012b). The data for the period 2004-2005 were generated by multiplying the previous year's datum by $1+I$. The P data were generated as follows: first an average of maximum valuation values was obtained for five different types of farmland in 23 Mexican states (Anonymous, 2012c), which was assigned to the year 2005, then the values of the previous years (for the five different types of land) were calculated by dividing the value of the datum of the year after that calculated by $1+I$, then an average was obtained for the five types of land for each year, which was taken as the value of the land for each year, and finally these values were multiplied by a 7 % interest rate to obtain a value equivalent to a rent.

Total factor productivity

To estimate the total factor productivity of Mexican agriculture for the period 1991-2005, a nonparametric approach under index numbers, particularly the chained Törnqvist index, was used. This methodology was used because Diewert (1976) shows that this index is exact for a translog aggregator function and is also superlative due to the second-order approximation that the translog function

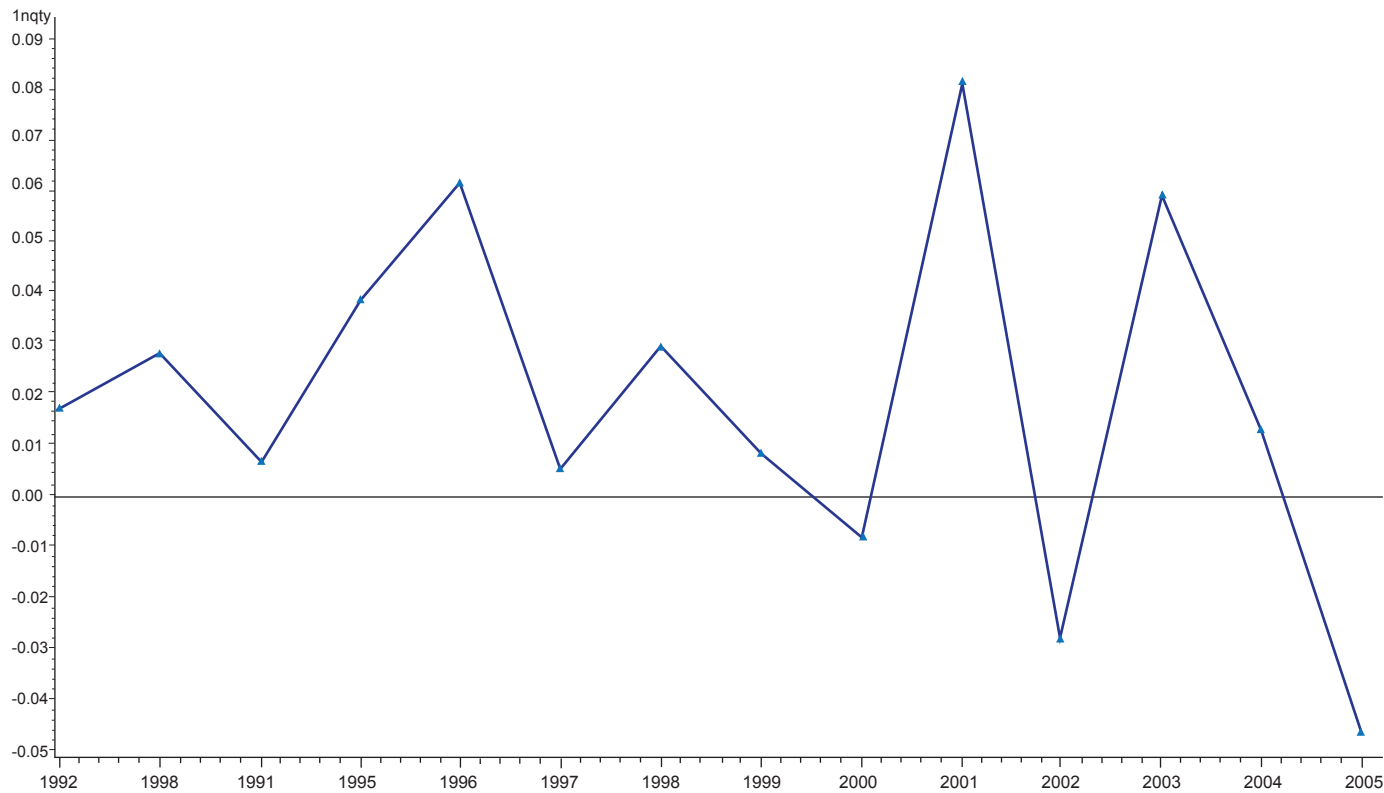


FIGURA 1. Tasa de crecimiento del índice de cantidad de productos agrícolas.
FIGURE 1. Growth rate of the agricultural product quantity index.



FIGURA 2. Tasa de crecimiento del índice de cantidad de insumos.
FIGURE 2. Growth rate of the input quantity index.

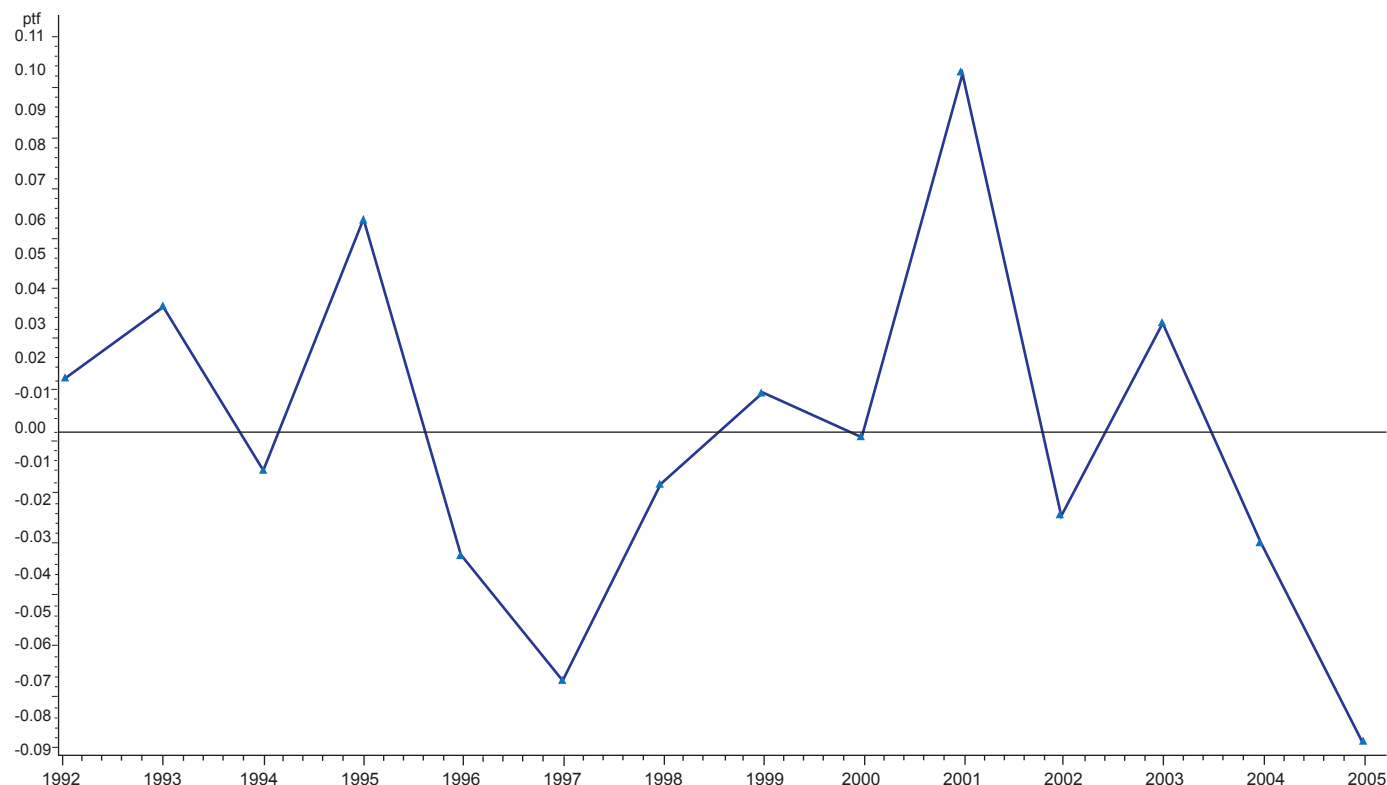


FIGURA 3. Comportamiento de la productividad total de los factores.

FIGURE 3. Behavior of total factor productivity.

Productividad total de los factores

Para estimar la productividad total de los factores de la agricultura mexicana, para el periodo 1991-2005, se utilizó una aproximación no paramétrica bajo números índice, en particular el índice de Törnqvist en su versión encadenada. Esta metodología se empleó dado que Diewert (1976) señala que dicho índice es exacto para una función agregadora translogarítmica y además es superlativo debido a la aproximación de segundo orden que da la función translogarítmica a cualquier tecnología arbitraria. El índice Törnqvist se define como:

$$\ln \left[\frac{f(Y_t)}{f(Y_{t-1})} \right] = \frac{1}{2} \sum_i (S_{i,t} + S_{i,t-1}) \ln \left(\frac{Y_{i,t}}{Y_{i,t-1}} \right) \quad (1)$$

Donde: S_{it} es la proporción del ingreso o en su caso costo total generado por el producto o insumo Y_i en el periodo t , con

$$S_{it} = \frac{P_{it} Y_{it}}{\sum_i P_{it} Y_{it}}$$

La productividad total de factores puede obtenerse como la diferencia de tasas de crecimiento para ambos índices, el de productos y factores. En este caso si el numerador crece más que el denominador se tendría una

gives to any arbitrary technology. The Törnqvist index is defined as:

$$\ln \left[\frac{f(Y_t)}{f(Y_{t-1})} \right] = \frac{1}{2} \sum_i (S_{i,t} + S_{i,t-1}) \ln \left(\frac{Y_{i,t}}{Y_{i,t-1}} \right) \quad (1)$$

Where: S_{it} is the share of income or alternatively total cost generated by the output or input Y_i in period t , with

$$S_{it} = \frac{P_{it} Y_{it}}{\sum_i P_{it} Y_{it}}$$

Total factor productivity can be obtained as the difference in growth rates between the output and factor indexes. In this case if the numerator grows more than the denominator it would mean an increase in productivity, and a decrease in it in the opposite case.

RESULTS

The chained or variable-base Törnqvist index (equation 1) was calculated for the years 1991-2005, for both, output and input groups as shown in Table 1. As it is logarithmic, the difference was obtained for these years, which was averaged to obtain an annual growth rate of total factor productivity for Mexican agriculture in the period of -0.0023.

mejora en productividad, y un detrimento en la misma en el caso contrario.

RESULTADOS

El índice Törnqvist encadenado o de base variable (ecuación 1) se calculó para los años 1991-2005, tanto para el grupo de productos como para el de insumos indicados en el Cuadro 1. Como es logarítmico, se obtuvo la diferencia para dichos años, misma que se promedió obteniéndose una tasa anual de crecimiento de la productividad total de los factores para la agricultura mexicana en dicho periodo de -0.0023. Las Figuras 1, 2 y 3 presentan el comportamiento de la tasa de crecimiento de los productos, factores y su diferencia definida aquí como productividad total de los factores.

De la Figura 1 se destaca que sólo tres de los 14 años estudiados presentan una tasa negativa. De hecho, es hasta el año 2000 en que esta tasa se vuelve negativa, presentando fluctuaciones hasta el año 2005. Por su parte, la tasa de utilización de factores presenta un comportamiento errático con tasas de crecimiento positivas y negativas sin tendencia definida. Es la diferencia de estas dos tasas la que deja ver el comportamiento de la productividad de los factores en México, donde ocho de los años estudiados tienen productividad negativa, y seis, productividad positiva. Sin embargo, la caída de la productividad que se presenta en 1997 y los

Figures 1, 2 and 3 show the behavior of the growth rate of the products, factors and their difference defined here as total factor productivity.

Figure 1 highlights the fact that only three out of the 14 studied years show a negative rate. In fact, it is not until the year 2000 that this rate becomes negative, presenting fluctuations until 2005. On its own, the factor utilization rate presents erratic behavior with positive and negative growth rates without a clear trend. It is the difference between these two rates that shows the behavior of factor productivity in Mexico, where eight of the studied years have negative productivity, and six have positive productivity. However, the drop in productivity that happens in 1997 and the last two study years is, instead, the result of increased input use combined with lower production.

DISCUSSION

The TFP growth rate found contrasts with that presented by FAO (Anonymous, 2005), which reports a 1.1 % change in TFP for the period 1981-2000, while Coelli and Rao (2003) report a mean annual change of 1.015 % (Malmquist index) and 1.012 % (Törnqvist index) for the period 1980-2000. It should be pointed out that these studies were conducted for the agricultural sector (including the livestock sector), whereas the present work only considers agricultural and horticultural products. Compared with international

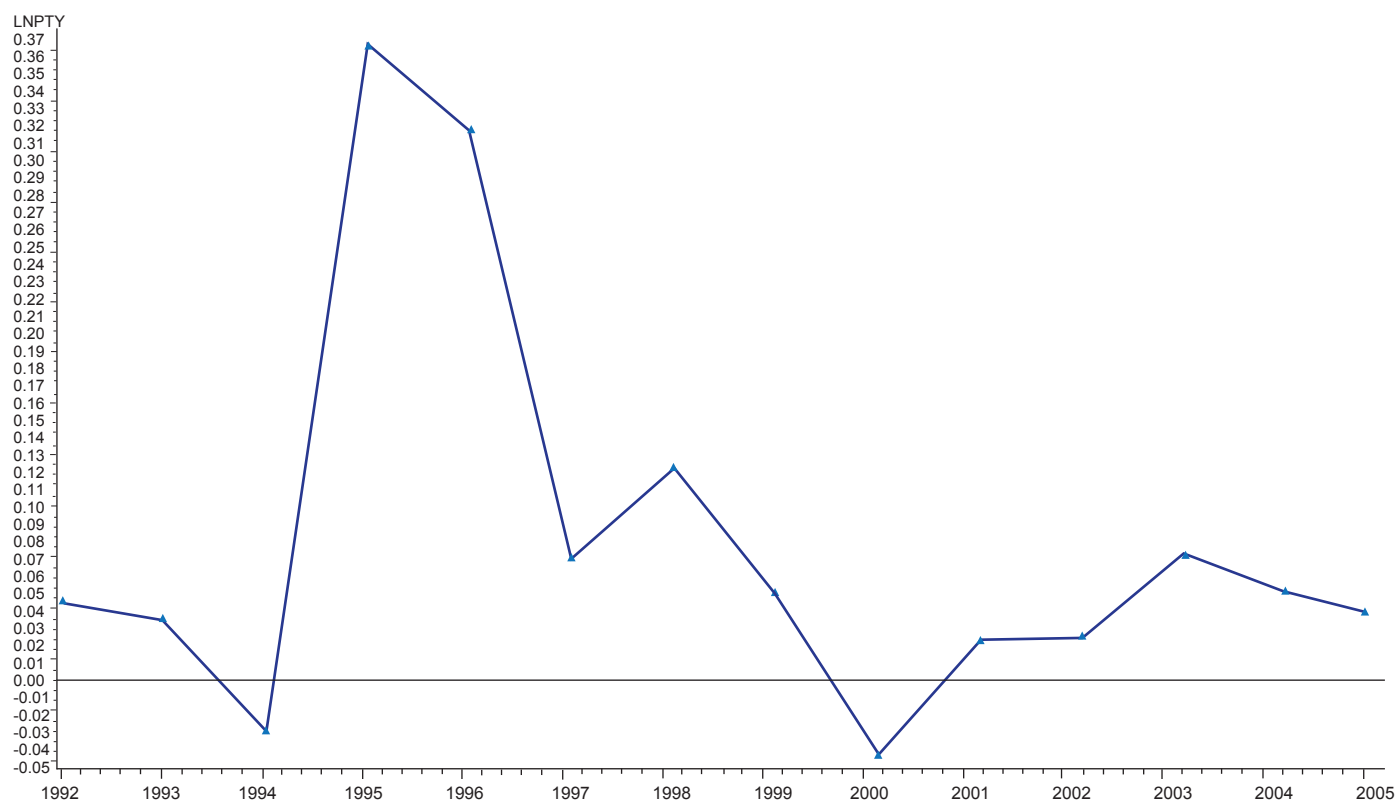


FIGURA 4. Tasa de crecimiento del índice de precios de productos agrícolas.

FIGURE 4. Growth rate of the agricultural product price index.

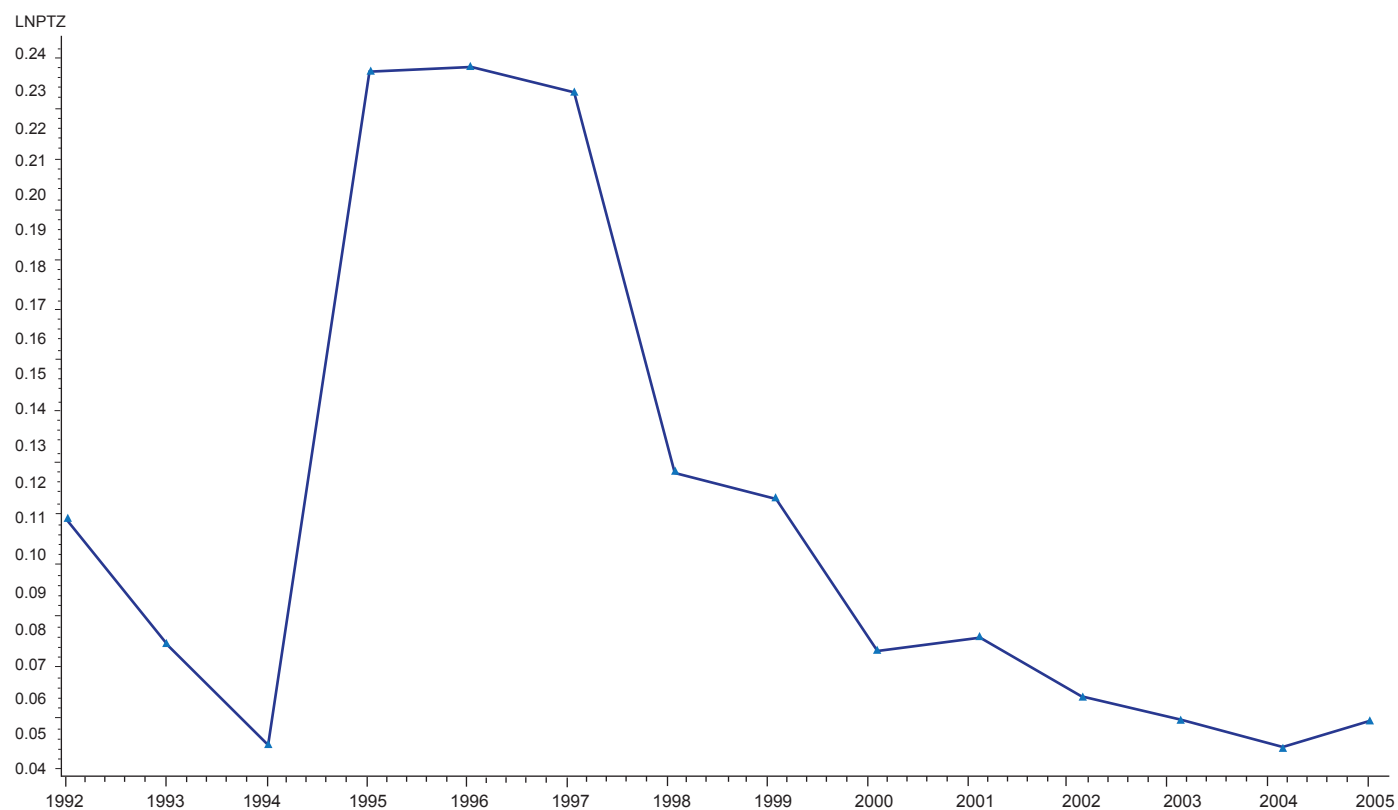


FIGURA 5. Tasa de crecimiento del índice de precios de factores de la producción.

FIGURE 5. Growth rate of the factors of production price index.



FIGURA 6. Relación de intercambio entre precios de productos agrícolas y factores.

FIGURE 6. Exchange ratio between agricultural product and factor prices.

últimos dos años de estudio es más bien una combinación del empleo creciente de insumos con menor producción.

DISCUSIÓN

La tasa de crecimiento de la PTF encontrada contrasta con la presentada por FAO (Anónimo, 2005), donde se reporta una variación de la PTF de 1.1 % para el periodo 1981-2000, mientras que Coelli y Rao (2003) reportan un cambio medio anual de 1.015 % (índice Malmquist) y 1.012 % (índice Törnqvist) para el periodo 1980-2000. Aunque cabe aclarar que dichos estudios se realizaron para el sector agropecuario (incluyendo al sector ganadero), y el presente trabajo únicamente considera productos agrícolas y hortícolas. Considerando comparaciones internacionales, este promedio es inferior al reportado en investigaciones realizadas para la agricultura chilena y brasileña, donde la tasa promedio anual de crecimiento de la PTF es de 3.76 % para el periodo 1991-1996 (Olivarría *et al.*, 2004) y 3.13 % para el periodo 1985-1995 (Manuel y Cardoso, 2003).

Con el objeto de dar una explicación al comportamiento observado de la productividad se hizo el mismo análisis de crecimiento encadenado para el precio de los productos agrícolas y el precio de los factores. Es decir, mientras el primer análisis es uno de índices de cantidad, el segundo es un análisis de índices de precios.

Las Figuras 4, 5 y 6 presentan respectivamente la tasa de crecimiento de los precios de productos agrícolas y hortícolas, precios de factores y su diferencia.

Es de apreciarse que si bien el comportamiento de precios tanto de productos como de factores es positivo, la relación de precios no favorece a los productos agrícolas y hortícolas. Esto es, de los 14 años estudiados los precios de los productos agrícolas en su conjunto han perdido en términos de intercambio. Es decir, los precios de los productos agrícolas han crecido menos que el precio de los factores, o bien el precio de los factores ha crecido más que el precio de los productos, o una combinación de ambos eventos se presenta en la economía mexicana.

Esto último da un contexto al resultado previo de baja productividad en México: si bajo una primera aproximación la agricultura no ha avanzado sensiblemente en productividad, una explicación se encuentra en el entorno de mercado de la agricultura donde los productos agrícolas y hortícolas reciben precios que crecen a tasas menores a las de los factores empleados en su producción. Un costo creciente de producción y menores precios pagados a productores explican el poco incentivo que tiene el tomador de decisiones en la agricultura, pues tratar de obtener más ingreso vía rendimiento resulta en costos crecientes. Visto de esta forma, el pobre comportamiento de la productivi-

rates, this average is lower than that reported in research on Chilean and Brazilian agriculture, where the average annual TFP growth rate is 3.76 % for the period 1991-1996 (Olivarría *et al.*, 2004) and 3.13 % for the period 1985-1995 (Manuel and Cardoso, 2003).

In order to explain the productivity behavior observed, the same chained growth analysis was performed for both agricultural product and factor prices. That is, while the first analysis is of quantity indexes, the second is of price indexes.

Figures 4, 5 and 6 show respectively the growth rate of agricultural and horticultural product prices, factor prices and their difference.

It can be seen that although the price behavior of both products and factors is positive, the price ratio does not favor agricultural and horticultural products. That is, in the 14 years studied the prices of agricultural products as a whole have lost ground in terms of trade. In other words, agricultural products prices have grown less than factors prices, or the price of the factors has grown above the price of agricultural products, or a combination of both events is present in the Mexican economy.

The latter gives context to the low productivity result in Mexico: if under a first approximation agriculture has not progressed significantly in productivity, an explanation can be found in the market environment of agriculture where agricultural and horticultural product prices are growing at rates lower than those of the factors used in their production. Increased production costs and lower prices paid to producers provide little incentive to the decision-maker in agriculture to grow more, because trying to earn more income via yield results in increased costs. Viewed this way, the poor behavior of total factor productivity is to be expected.

Brambila (2003) points out that the farm sector is still locked in a poverty cycle, where the value of what it produces is increasingly worth less and the deterioration of its resources is increasingly worse. The author shows that, in physical terms, the agricultural sector has sustained slight growth since 1990, but in terms of purchasing power this production is worth less. The purchasing power of the population dependent on agricultural output has plummeted in absolute and per-capita terms. This agrees, at least in terms of trend, with the data obtained of -2.90 % average annual loss of Mexican agricultural prices relative to their factors.

CONCLUSIONS

By studying total factor productivity in Mexico under an aggregation methodology summarized by the difference in Tornqvist index exchange rates for agricultural outputs and inputs, it was found that total factor productivity in Mexico did not grow and that the price of agricultural products grew

dad total de los factores es de esperarse.

Brambila (2003) señala que el sector rural continúa inmerso en un círculo de pobreza, donde cada vez vale menos lo que produce y se acentúa el deterioro de sus recursos. Muestra que, en términos físicos, el sector agropecuario ha sostenido un leve crecimiento desde 1990, pero en términos de poder de compra esta producción vale menos. El poder adquisitivo de la población que depende del producto agropecuario se ha desplomado en términos absolutos y per cápita. Lo anterior concuerda, al menos en tendencia, con el dato obtenido de -2.90 % de pérdida promedio anual de los precios de la agricultura mexicana con respecto a sus factores.

CONCLUSIONES

Al estudiar la productividad total de factores en México bajo una metodología de agregación resumida en la diferencia en tasas de cambio del índice Tornqvist para productos e insumos agrícola se encontró que la productividad total de factores en México no creció y que el precio de los productos agrícolas creció menos de lo que crecieron los precios de sus insumos, lo cual contribuyó indirectamente al descenso en productividad encontrado.

LITERATURA CITADA

- AHEARN, M. ; YEE, J.; BALL, E.; NEHRING, R. 1998. Agricultural productivity in the US. Agriculture Information Bulletin No. 740. USDA. Washington, DC., USA. 32 p. <http://webarchives.cdlib.org/sw1rf5mh0k/http://www.ers.usda.gov/publications/aib740/aib740.pdf>
- ANÓNIMO. 2005. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Comercio Agrícola y Pobreza: ¿puede el comercio obrar a favor de los pobres?. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 214 p. <http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?lang=es&iso3=MEX>
- ANÓNIMO. 2012a. Banco de Información Económica. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>
- ANÓNIMO. 2012b. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.faostat.fao.org/>
- ANÓNIMO. 2012c. Información Agroclimática. Instituto Nacional de Valuación Agropecuaria y Forestal, A. C. <http://www.invaf.org.mx/informacion.htm>
- ANÓNIMO. 2012d. Sistema de Información Energética. Secretaría

de Energía. Subsecretaría de Planeación y Transición Energética Dirección General de Planeación e Información Energéticas <http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/Default.aspx?id=1432>

End of English Version

- de Energía. Subsecretaría de Planeación y Transición Energética Dirección General de Planeación e Información Energéticas <http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/Default.aspx?id=1432>
- ANÓNIMO 2012e. Boletín Informativo del CNA. Consejo Nacional Agropecuario. http://www.cna.org.mx/encontacto_historico/indiceboletines/bols_2012.htm
- BRAMBILA P., J. J. 2003. Financiamiento Rural: redes de valor y opciones reales. Banco de México-FIRA.
- COELLI, T. J.; RAO, D. S. P. 2003. Total factor productivity growth in agriculture: a Malmquist index analysis of 93 countries, 1980-2000. Working Paper Series No. 02/2003. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, School of Economics University of Queensland. Queensland, Australia. 31 p. <http://www.uq.edu.au/economics/cepa/docs/WP/WP022003.pdf>
- DIEWERT, W. E. 1976. Exact and superlative index numbers. *Journal of Econometrics* 4(2):115-145. doi: 10.1016/0304-4076(76)90009-9
- LANTERI, L. 2005. Crecimiento y la paradoja de la productividad. Una estimación en la forma de *state-space*, con componentes no observables, para el sector agropecuario argentino, 1955-2003. *Estudios económicos* 20(1): 53-78. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59720103>.
- MANUEL P., P. C.; CARDOSO T., E. 2003. Productividad total de los factores y tecnología en el sector agropecuario de los estados brasileños, 1985-1995. *Boletín Económico de ICE* No. 2777. http://www.revistasice.info/cache/pdf/BICE_2777_41-52__93CF8DC3C157F8F7455CBC9053AC5956.pdf
- OLIVARRÍA, J. A.; BRAVO-URETA, B.; COCCHI, H. 2004. Productividad Total de los Factores en la Agricultura Chilena: 1961-1996. *Economía Agraria y Recursos naturales* 4(8): 121-132. arsenopirita.boumort.cesca.cat/index.php/ECAGRN/article/view/14405/8990