Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2 Núm.5 1 de septiembre - 31 de octubre, 2011 p. 715-731

INCORPORACIÓN DE CUENTAS ECOLÓGICAS Y SERVICIOS AMBIENTALES EN LAS MATRICES DE CONTABILIDAD SOCIAL*

INCORPORATION OF ECOLOGICAL ACCOUNTS AND ENVIRONMENTAL SERVICES IN SOCIAL ACCOUNTING MATRICES

Adrián González Estrada[1§], Maricela Camacho Amador[2] y Dora Ma. Sangerman-Jarquín[1]

[1]Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel. 01 595 9212657. Ext. 146. (dsangerman@yahoo.com.mx). [2]División de Ciencias Económico-Administrativas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. A. P. 56230. Tel. 01 595 9541500. Ext. 1668. (maryss_1831@yahoo.com.mx). [§]Autor para correspondencia: adrglez@prodigy.net.mx.

RESUMEN

La intensidad de uso del ambiente y de los recursos naturales es tan grande, que su deterioro tiene un costo gigantesco para la sociedad, el cual no está siendo pagado por quienes más se benefician de él. Esto representa una falla del mercado y de la sociedad para lograr la sostenibilidad del sistema de producción actual. Las matrices de contabilidad social no expresan esos costos, menos aún los pagos eficientes que deberían cobrarse por ese deterioro; tampoco incluyen cuentas ecológicas y servicios ambientales. Con el fin de contribuir a la superación de estas deficiencias, los objetivos de esta investigación fueron: a) proponer un método para la introducción de cuentas ecológicas y de servicios ambientales en las matrices de contabilidad social; b) definir políticas económicamente eficientes y socialmente óptimas, para el uso sustentable de los recursos naturales y del ambiente; y c) aplicar esos resultados a México. El método usado se fundamenta en los principios de la teoría del equilibrio general y en la teoría de externalidades. Los resultados muestran que se alcanzaron los objetivos de la investigación; dado que los costos totales por agotamiento y degradación ambiental en México fueron 712 344 millones de pesos en 2004, se concluye que se requiere de una política fiscal-ambiental, que contemple un pago eficiente para financiar los servicios ambientales

ABSTRACT

The intensity of the environment use and natural resources is excessive and its deterioration has a huge cost to society, which is not being paid by those who benefit most from it. This represents a market and society failure to achieve sustainability of the current production system. Social accounting matrices do not express these costs and even less efficient payments that should be charged for that damage; nor ecological accounts and environmental services. In order to help overcome these shortcomings, the aims of this research were: a) to propose a method for introducing ecological accounts and environmental services in the social accounting matrix; b) to define economically efficient policies and socially optimal for the sustainable use of natural resources and environment; and c) to apply these results in Mexico. The method used is based on the principles of general equilibrium theory and the theory of externalities. The results show that the objectives of this research were achieved; given that the total costs of depletion and environmental degradation in Mexico were 712 344 million pesos in 2004, it is concluded that a fiscal-environmental policy is required, which includes an efficient payment for financing environmental services, in order to restore the quality and productive capacity of the environment and natural resources of the country.

* Recibido: octubre de 2010
Aceptado: octubre de 2011

correspondientes, con el fin de restaurar la calidad y la capacidad productiva del ambiente y de los recursos naturales del país.

Palabras clave: degradación ambiental, equilibrio general, externalidades, política fiscal-ambiental.

INTRODUCCIÓN

Está científicamente documentado que los alcances de las actividades productivas de la sociedad actual son tan grandes, que han adquirido una dimensión verdaderamente geológica, por lo que respecta a su impacto en el desarrollo del planeta tierra, en el creciente calentamiento global, en la dinámica de los climas y en la disponibilidad de recursos naturales (Vinogradov, 1991). Esos enormes efectos negativos tienen un considerable costo para la sociedad, el cual no está siendo cubierto por quienes se benefician en mayor medida de esa problemática.

En consecuencia, los verdaderos costos de la producción actual son considerablemente mayores a los costos contables, de carácter privado, que son los que pagan las empresas y demás agentes económicos. En estas condiciones, el proceso económico resulta ineficiente desde el punto de vista económico y social, ya que los agentes económicos no se enfrentan en la toma decisiones con los verdaderos costos de sus actividades; como lo demuestran para tales casos González-Estrada (2003 y 2004); Mas-Colell *et al*. (1995); Varian (1997); Cornes y Sandler (2000), sino que además puede conducir a la humanidad a la catástrofe.

Tan sólo en México, el deterioro ambiental y el agotamiento de los recursos naturales, tuvo un costo en el año 2004 de 712 344 millones de pesos (INEGI, 2006), equivalentes a 9.2% del producto interno bruto (PIB) de ese año, el cual no aparece contabilizado en el sistema de cuentas nacionales, tampoco en la matriz de contabilidad social del país. Además, los responsables principales de ese deterioro no pagan a la sociedad impuesto compensatorio por el deterioro al capital natural provocado por sus actividades. Esto significa que el producto interno bruto (PIB), sobreestima 9.2% el verdadero valor neto de todos los bienes y servicios finales que produce México anualmente. Como consecuencia de que no se han incorporado las cuentas ecológicas en las matrices de contabilidad social de un país, estas últimas han resultado siempre sobreestimadas.

Key words: environmental degradation, externalities, fiscal-environmental policy, general equilibrium.

INTRODUCTION

It is scientifically documented that the extent of the productive activities of modern society are so big that they have become truly geological, in terms of its impact on the Earth's development, in the growing global warming, the climatic dynamics and the availability of natural resources (Vinogradov, 1991). These enormous negative effects have a considerable cost to society, which is not being covered by those who benefit most from this problem.

Consequently, the true costs of the current production are significantly higher than accounting costs of a private character, which are those paid by companies and other economic agents. Under these conditions, the economic process is inefficient from the economic and social standpoint, as economic agents do not face in making decisions with the true costs of their activities, as evidenced by González-Estrada (2003 and 2004); Mas-Colell *et al*. (1995); Varian (1997); Cornes and Sandler (2000); but it can also lead mankind to catastrophe.

In Mexico, environmental degradation and depletion of natural resources, had a cost in 2004 of 712 344 million pesos (INEGI, 2006); which is equivalent to 9.2% of gross domestic product (GDP) for that year; which does not appear recorded in the national accounts system or the social accounting matrix of the country. In addition, the main responsible for the deterioration do not pay to society a countervailing duty for the natural capital deterioration caused by their activities. This means that the gross domestic product (GDP), overestimates in 9.2% the true net value of all final goods and services produced by Mexico annually. As a result of non-implementation of ecological accounts into social accounting matrix of a country, which have always been overstated.

Both, in the system of national accounts and in social accounting matrices; natural resources are considered as free goods of common property and without any price (Stone, 1985; Taylor, 1990). However, the costs of economic and social activities have become so large that it is unjustified to disregard them in the study of the

Tanto en el sistema de cuentas nacionales como en las matrices de contabilidad social, los recursos naturales son considerados como bienes libres, de propiedad común y sin precio alguno (Stone, 1985; Taylor, 1990). Sin embargo, los costos de las actividades económicas y sociales han llegado a ser tan cuantiosos, que resulta injustificable dejar de considerarlos en el estudio de los procesos económicos actuales. Esos costos son externalidades que están afectando los conjuntos de producción de las empresas, el ingreso y el bienestar de los habitantes de cada uno de los países del mundo.

Esas externalidades negativas, causadas por el deterioro de los recursos naturales y del ambiente, no son pagadas por quienes las producen y se benefician de ellas, por lo que no aparecen explícitamente en la contabilidad de costos privados de las empresas, tampoco se expresan el precio de las mercancías producidas. Esta es una falla del mercado, generada principalmente por las empresas; sin embargo, pagada por toda la sociedad. También es una falla de la sociedad actual y de los gobiernos de la mayoría de las naciones, porque no se está haciendo lo suficiente para resolver esa problemática.

Leontieff (1941) combinó el análisis insumo-producto con cuentas ambientales, en particular con datos sobre emisiones al aire. Sin embargo, el problema aquí investigado es más amplio y complejo, pues las matrices de contabilidad social, son súper matrices que contienen a las de insumo-producto. González-Alcot *et al*., (2008) encontraron que el deterioro de los recursos naturales, es directamente proporcional al tamaño de la actividad económica pero no lo cuantificaron, tampoco introdujeron los costos de la degradación en una matriz de contabilidad social para México, pues su objetivo principal fue tan sólo el cálculo de multiplicadores ambientales de los costos por degradación ambiental.

El Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2006), incorporó las cuentas ecológicas en el sistema de cuentas económicas de México, lo cual es un avance de gran consideración. Sin embargo, no se ha definido todavía un método para incorporar los costos por el uso y degradación de los recursos naturales y del ambiente, así como los costos de las políticas de restauración y de servicios ambientales en las matrices de contabilidad social.

El objetivo de esta investigación fue proponer un método para la introducción de cuentas ecológicas y de servicios ambientales en las matrices de contabilidad social que haga posible: a) obtener matrices de contabilidad social con

current economic processes. These costs are externalities that are affecting the production sets of enterprises, the income and welfare of the inhabitants of each country in the world.

These negative externalities caused by the deterioration of natural resources and environment, are not paid by those who produce and benefit from them, so they do not appear explicitly in the private cost accounting of the companies, they are not expressed in the price of produced goods. This is a market failure caused mainly by the enterprises; however, it is paid by society. It is also a failure of society and the governments of most nations, because what it's needed to solve this problem is not being done.

Leontieff (1941) combined input-output analysis with environmental accounts, including data on air emissions. However, the problem investigated here is broader and more complex, as social accounting matrices are super matrices that contain those of input-output. González-Alcot *et al*. (2008), found that natural resource degradation is directly proportional to the size of the economic activity but they did not quantified it, nor introduced the degradation costs in a social accounting matrix for Mexico, as its main goal was just to calculate environmental multipliers of the costs by the environmental degradation.

The National Institute of Statistics, Geography and Informatics (INEGI, 2006), added the ecological accounts into the system of the economic accounts of Mexico, which is a significant development. However, a method to incorporate the costs for use and degradation of natural and environmental resources has not been defined yet, as well as the costs of restoration policies and environmental services in social accounting matrices.

The objective of this paper is to propose a method for introducing ecological accounting and environmental services in the social accounting matrix in order to: a) obtaining social accounting matrices with ecological accounts and environmental services that are an economically efficient and socially optimal, implemented as a general equilibrium of the economy with transfers; b) to define economically efficient policies and socially optimal for a sustainable use of natural and environmental resources; and c) changing the social accounting matrix of Mexico by adding ecological accounts and environmental services.

cuentas ecológicas y servicios ambientales, que sean una solución económicamente eficiente y socialmente óptima, instrumentada como una asignación de equilibrio general de la economía con transferencias; b) definir políticas económicamente eficientes y socialmente óptimas para un uso sustentable de los recursos naturales y del ambiente; y c) modificar la matriz de contabilidad social de México con la incorporación de cuentas ecológicas y servicios ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las fuentes del valor y los precios de los recursos naturales y del ambiente

El trabajo no es la única fuente de toda la riqueza. De acuerdo con Marx (1999), el trabajo es el padre del valor y la naturaleza, su madre. "La naturaleza es la fuente de los valores de uso (¡que son los que verdaderamente integran la riqueza material!), ni más ni menos que el trabajo" (Marx, 1985). Otra fuente de valores de uso es, desde luego, el trabajo concreto. Aquí se habla de la naturaleza en el sentido lato o general de la palabra, ya que incluye tanto el sustrato material de la producción como las fuerzas naturales.

Los recursos naturales y el ambiente, son parte de la naturaleza y contribuyen de una manera muy importante al proceso de formación del valor y al desarrollo de las economías de los países. Son condiciones esenciales de la producción y participan en el proceso de trabajo en calidad de medios de producción, pero muchos de ellos no son propiedad de nadie y los empresarios capitalistas los habían venido explotando en su beneficio, sin importarles su deterioro y sin pagar por su uso. El ambiente y los recursos naturales no fueron producidos por el trabajo del hombre, por lo que pueden tener un precio, se puede calcular su costo de oportunidad o su precio sombra, pero no tienen valor, puesto que no fueron producidos por el hombre o la mujer.

Los costos por el uso y degradación del ambiente y de los recursos naturales no fueron considerados previamente por la economía neoclásica, tampoco por la economía política marxista, debido que en el pasado eran poco relevantes. Sin embargo, en la actualidad, la magnitud de ese deterioro y daño es tal, que representa un costo explícito y tangible no sólo para la sociedad, sino también para las empresas y para las unidades familiares, al mismo tiempo que constituye beneficios considerables para otros.

MATERIALS AND METHODS

The sources of value and prices of natural and environmental resources

Work is not the only source of all wealth. According to Marx (1999), work is the father of value and nature, his mother. "Nature is the source of use values (which truly integrate material wealth!), neither more nor less than work" (Marx, 1985). Another source of use values is of course, the actual work. In this paper, nature is seen in the broadest sense or general meaning of the word, because it includes both, the material substrate of production and natural forces.

The natural resources and the environment are part of nature and contribute in a very important way to the process of value formation and development of the countries' economies. They are essential conditions of production and participate in the work process in means of production quality, but many of them are not owned by anyone and capitalist businessmen have exploited to their advantage, regardless of their impairment and without paying for its use. The environment and natural resources were not produced by human labor, so they can have a price, its opportunity cost or shadow price can be calculated, but it would have no value, since they were not produced by men or women.

The costs for the use and degradation of the environment and natural resources were not previously considered by neoclassical economics, even by Marxist political economy, because in the past were irrelevant. However, at present, the magnitude of that deterioration and damage represents an explicit and tangible cost not only for society but also to businesses and households, while it provides significant benefits for others.

The cost of the use of environment and natural resources in macroeconomic equations

The main macroeconomic variables that express production, consumption and accumulation in a synthetic way are: $P + M = CI + C + I + X + E$; where P= total gross output, M= imports, CI= intermediate consumption, C= final consumption, I= investment, X= exports. This expression relates the total supply with total demand for goods and services of economy.

El costo del uso del ambiente y de los recursos naturales en las ecuaciones macroeconómicas

Las principales variables macroeconómicas que expresan en forma sintética, la producción, el consumo y la acumulación, son las siguientes: $P + M = CI + C + I + X + E$; donde: P= producción bruta total; M= importaciones; CI= consumo intermedio; C= consumo final, I= inversión; X= exportaciones. Esta expresión relaciona la oferta total con la demanda total de bienes y servicios de la economía.

El indicador de la producción agregada en la contabilidad nacional es el producto interno bruto o PIB, que es el valor de los bienes y servicios finales producidos en la economía durante un periodo determinado. Por lo que la ecuación del PIB, es igual a la diferencia entre la producción y el consumo intermedio: $PIB = P - CI = C + G + I + (X - M) + B_{t+1} - (1+r) B_t$; donde: B_t= flujos de capital recibidos por el país; r= rendimiento real; G= gastos del gobierno.

El proceso económico se lleva a cabo, entre otras cosas, mediante el uso de bienes de capital, los cuales como consecuencia de su utilización registran un desgaste o depreciación. De acuerdo con González-Estrada (1999), la ecuación fundamental de la acumulación de capital es: $C_t + K_{t+1} - (1 - \delta) K_t + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r)B_t = PIB_t$; donde: $I_t = K_{t+1} - (1 - \delta)K_t$= inversión bruta de capital; δ= tasa de depreciación; K_t= stock de capital físico de una economía, el cual es un activo económico. Nótese que la depreciación: δK_t, es lo que Marx llama capital fijo en sus esquemas de reproducción del capital.

De hecho, la ecuación fundamental de la acumulación de capital expresa tanto el consumo de capital fijo, como la formación bruta de capital. El capital circulante o consumo intermedio ya fue descontado de la producción bruta (P). Por definición, el producto interno neto (PIN) es igual al PIB menos la depreciación del capital: $PIN = PIB - \delta K_t$; por lo tanto, $PIN_t = C_t + (K_{t+1} - K_t) + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r)B_t$. Cuando existe una reevaluación de los activos de capital físico (R_t) entonces la inversión fija bruta es: $I_t = K_{t+1} - (1 - \delta)K_t + R_t$; por lo que:

$$PIB_t = C_t + K_{t+1} - (1 - \delta) K_t + R_t + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r) B_t.$$

Los activos se clasifican en económicos y ambientales. A su vez, los activos económicos se subdividen en producidos por el trabajo del hombre y la mujer y en no-producidos, que son las reservas probadas de los distintos recursos naturales. Los activos ambientales tampoco son producidos

The indicator of aggregate output in national accounts is the gross domestic product or GDP, which is the value of goods and final services produced in the economy during a given period. So the equation of GDP, is equal to the difference between output and intermediate consumption: $GDP = P - CI = C + G + I + (X - M) + B_{t+1} - (1+r)B_t$; where: B_t= capital flows received by the country, r= actual yield, G= government spending.

The economic process is carried out, inter alia, through the use of capital goods, which as a result of its use, register wear or depreciation. According to González-Estrada (1999), the fundamental equation of capital accumulation is: $C_t + K_{t+1} - (1 - \delta) K_t + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r)B_t = PIB_t$; where $I_t = K_{t+1} - (1 - \delta)K_t$= gross capital investment, δ= depreciation rate; K_t= physical capital stock of an economy, which is an economic asset. Note that depreciation: δK_t, is what Marx called fixed capital in his schemes of capital reproduction.

In fact, the fundamental equation of capital accumulation expresses both, the consumption of fixed capital, as well as the gross capital formation. Working capital or intermediate consumption has been already deducted from the gross production (P). By definition, the net domestic product (NDP) is equal to GDP minus the depreciation of capital: $NDP = GDP - \delta K_t$; therefore, $PIN_t = C_t + (K_{t+1} - K_t) + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r)B_t$. When there is a reassessment of the physical capital assets (R_t), then the gross fixed investment is $I_t = K_{t+1} - (1 - \delta)K_t + R_t$; so:

$$GDP_t = C_t + K_{t+1} - (1 - \delta) K_t + R_t + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r) B_t.$$

Assets are classified into economic and environmental. Economic assets are divided into produced by men and women's work and non-produced, which are proven reserves of various natural resources. Environmental assets are not produced by the work of men and women, so they may have a price, but they do not have value, since they were not produced by men. For this reason, the concept of asset acquires new dimensions by recognizing that natural resources and environment, interact with economic activity increasing or decreasing its current and future growth.

So the expansion of the asset coverage (K_t), both, economic and environmental, can be expressed as follows (INEGI, 2006): $K_t = K_{ept} + K_{enpt} + K_{anpt}$; where stock variables: K_{ept}, K_{enpt} and K_{anpt}, represent physical capital or "produced

por el trabajo del hombre y la mujer, por lo que pueden tener un precio, pero no tienen valor, puesto que no fueron producidos por el hombre. Por esta razón, el concepto de activo adquiere nuevas dimensiones, al reconocerse que los recursos naturales y el ambiente interactúan con la actividad económica, incrementando o disminuyendo su crecimiento actual y futuro.

Por lo que la ampliación de la cobertura de los activos (K_t), económicos y ambientales, se puede expresar de la siguiente manera (INEGI, 2006): $K_t = K_{ept} + K_{enpt} + K_{anpt}$; donde las variables de stock: K_{ept}, K_{enpt} y K_{anpt}, representan el capital físico o "recurso económico producido", los recursos económicos no-producidos, como las reservas probadas de recursos, y los recursos ambientales, respectivamente. Ésta es la ecuación fundamental para la incorporación del capital natural en la matriz de contabilidad social, y para la modificación de la ecuación fundamental del crecimiento económico y la acumulación de capital.

El método para la obtención del balance de los activos, consiste en calcular los cambios observados entre el activo inicial (balance de apertura) y la disponibilidad al final del periodo (balance de cierre). Para integrar los balances de los activos no producidos, se requiere que los recursos sean susceptibles de ser cuantificados o, cuando menos, evaluado su cambio de calidad (INEGI, 2006). El balance total de los cambios que registran los activos no producidos, como consecuencia del agotamiento de los recursos naturales y de la degradación del ambiente, considerados como formación bruta de capital es el siguiente:

$$K_{t+1} = K_t + (I_t - \delta K_{ept}) - (AG_{kenpt} + AG_{kanpt} + DG_{kanpt}) + (\Delta I_{kenpt} + \Delta I_{kanpt}) + (R_{kept} + R_{kenpt} + R_{kanpt}).$$

Donde: para el período t: K_{t+1}= total de activos al final del periodo t; K_t= total de activos al inicio del periodo; δ= tasa de depreciación; K_{ept}= capital físico; AG_{kenpt}= agotamiento de los activos económicos no producidos en el periodo t; AG_{kanpt}= agotamiento de los activos ambientales no producidos; DG_{kanpt}= degradación de los activos ambientales no producidos; ΔI_{kenpt}= cambios en los activos económicos no producidos; ΔI_{kanpt}= cambios en los activos ambientales no producidos; DG_{kanpt}= degradación de los activos ambientales no producidos; R_{kept}= reevaluación de los activos económicos producidos; R_{kenpt}= reevaluación de los activos económicos no producidos; R_{kanpt}= reevaluación de los activos ambientales no producidos; en Almagaro (2004) se discuten varias metodologías para el mismo problema.

economical resources"; non-economic resources produced, as proven reserves of resources and environmental resources, respectively. This is the fundamental equation for the incorporation of natural capital in the social accounting matrix and for the modification of the fundamental equation of economic growth and capital accumulation.

The method for obtaining the assets balance is to calculate the changes between the initial asset (opening balance) and the availability at the end of the period (closing balance). In order to integrate the balance of non-produced assets is required that resources can be quantified or at least be its quality change can be assessed (INEGI, 2006). The total balance of changes recorded by non-produced assets as a result of natural resource depletion and environmental degradation, considered as gross capital formation is as follows.

$$K_{t+1} = K_t + (I_t - \delta K_{ept}) - (AG_{kenpt} + AG_{kanpt} + DG_{kanpt}) + (\Delta I_{kenpt} + \Delta I_{kanpt}) + (R_{kept} + R_{kenpt} + R_{kanpt}).$$

Where: for period t: K_{t+1}= total assets at end of period t; K_t= total assets at the beginning of the period; δ= depreciation rate; K_{ept}= physical capital; AG_{kenpt}= depletion of non-produced economic assets in period t; AG_{kanpt}= depletion of non-produced environmental assets; DG_{kanpt}= degradation of non-produced environmental assets; ΔI_{kenpt}= change in non-produced economic assets; ΔI_{kanpt}= changes in non-produced environmental assets; DG_{kanpt}= degradation of non-produced environmental assets; R_{kept}= re-evaluation of produced economic assets; R_{kenpt}= revaluation of non-produced economic assets; R_{kanpt}= revaluation of non-produced environmental assets. In Almagaro (2004), various methodologies for the same problem are discussed.

The model of sustainable growth of Weitzman and income of Hotteling

There are three equivalent measures to the charging of a price on environmental assets and natural resources: the net income or Hotteling, the use cost or depletion allowance and maintenance cost. Weitzman (1976), showed that annuity which equals the present value of optimal consumption is equal to net domestic product (NDP) valued at optimal prices and defined as: $NDP_t = C_t + (K_{t+1} - K_t) + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1 + r)B_t$. It also showed that the NDP, so defined, is equal to the present value of the Hamiltonian of the optimal growth problem.

El modelo de crecimiento sustentable de Weitzman y la renta de Hotteling

Existen tres medidas equivalentes para la imputación de un precio a los activos ambientales y a los recursos naturales: la renta neta o de Hotteling, el costo de uso o asignación por agotamiento y el costo del mantenimiento. Weitzman (1976) demostró que la anualidad que equivale al valor presente del consumo óptimo es igual al producto interno neto (PIN) valorado a precios óptimos y definido como: $PIN_t = C_t + (K_{t+1} - K_t) + G_t + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1+r)B_t$. También demostró que el PIN, así definido, es igual al valor presente del Hamiltoniano del problema de crecimiento óptimo.

En una economía con recursos agotables, la proposición anterior significa que el PIN será igual al PIB menos la renta de Hotteling por concepto de la extracción de esos recursos; es decir, $\int_t^\infty e^{-r(s-t)} \left[C_t^* + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1+r)B_t + q(t)\frac{dK^*}{dt}\right] ds = \int_t^\infty e^{-r(s-t)} C_t^*(s)\, ds$; donde: r= tasa intertemporal de descuento del consumo; q(t)= precio de los bienes de inversión; C(t)= consumo nacional; y por definición: $\frac{dK}{dt} \equiv I(t) \equiv \dot{K}$, es la inversión.

Hartwick (1990 y 1977), basándose en Weitzman (1976), con el fin de obtener la trayectoria óptima que maximiza el bienestar social, dadas las restricciones de capital y las condiciones sociales y económicas de una sociedad, planteó el siguiente modelo dinámico: $\int_0^\infty e^{-rt} U(C(t))\, dt$; $\dot{S} = -E + D$; $\dot{K} = f(K, L, E) - C(t) - h(S, E) - g(S, D)$; donde: r= tasa social de descuento; C(t)= consumo nacional; U(·)= función social de bienestar; S= reservas del recurso, $\dot{S}$= derivada de S con respecto al tiempo; E= extracción; D= nuevos descubrimientos de reservas; h(.)= función que representa los costos de extracción; g(.)= función de las actividades de exploración; K(t)= stock de capital físico de la sociedad; L(t)= disponibilidad de fuerza de trabajo; f(K, L, E)= función de producción o ingreso nacional.

El Hamiltoniano en valores corrientes es: $H_C(t) = U(C(t)) + \lambda(t)(-E + D) + \mu(t)(f(K, L, E) - C(t) - h(S, E) - g(S, D))$; donde: $\lambda(t)$ y $\mu(t)$= multiplicadores dinámicos de Pontryagin y representan los costos de oportunidad de las reservas de recursos y del capital, respectivamente. El Hamiltoniano evaluado con las condiciones de primer orden es: $H_C(t) = U(C(t)) + UC(t)\dot{K} + (f_E - h_E)(-E + D)$; dado que: $U(C(t)) \doteq U_C C(t)$; entonces: $\frac{H_C(t)}{U_C} = C(t) + \dot{K} - \frac{\lambda(t)}{U_C}\langle E - D\rangle$; por lo tanto, $PIN = C(t) + (f_E - h_E)\langle E - D\rangle = C^*(t) + K^*(t) - RE^* + g_D D^*$; donde: E^*= extracción óptima del recurso; $R*E^*$= costo de la extracción del recurso; $g_D D^*$= costo de oportunidad de las

In an economy with exhaustible resources, the previous proposition means that the NDP is equal to GDP minus Hotteling income by concept of these resources extraction; i. e., $\int_t^\infty e^{-r(s-t)} \left[C_t^* + (X_t - M_t) + B_{t+1} - (1+r)B_t + q(t)\frac{dK^*}{dt}\right] ds = \int_t^\infty e^{-r(s-t)} C_t^*(s)\, ds$; where r= intertemporal discount rate of consumption; q(t)= price of capital goods; C(t)= domestic consumption, and by definition: $\frac{dK}{dt} \equiv I(t) \equiv \dot{K}$, is the investment.

Hartwick (1990 and 1977), based on Weitzman (1976), in order to obtain the optimal path that maximizes social welfare, given the capital constraints and the social and economic conditions of society, proposed the following dynamic model: Max. $\int_0^\infty e^{-rt} U(C(t))\, dt$; s. a.: $\dot{S} = -E + D$; $\dot{K} = f(K, L, E) - C(t) - h(S, E) - g(S, D)$; where: r= social discount rate; C(t)= domestic consumption; U(·)= social welfare function; S= the resource stocks, $\dot{S}$= S derived with respect to time; E= extraction; D= new reserve discoveries; h(.)= function representing the extraction cost; g(.)=function of exploration activities; K(t)= stock of society's physical capital; L(t)= availability of labor; f(K, L, E)= function of production or national income.

The Hamiltonian in current value is: $H_C(t) = U(C(t)) + \lambda(t)(-E + D) + \mu(t)(f(K, L, E) - C(t) - h(S, E) - g(S, D))$; where: $\lambda(t)$ and $\mu(t)$= Pontryagin dynamics multipliers and represents the opportunity costs of reserves and capital resources, respectively. The Hamiltonian evaluated with the first order conditions is: $H_C(t) = U(C(t)) + UC(t)\dot{K} + (f_E - h_E)(-E + D)$; given that: $U(C(t)) \doteq U_C C(t)$; then: $\frac{H_C(t)}{U_C} = C(t) + \dot{K} - \frac{\lambda(t)}{U_C}\langle E - D\rangle$; therefore: $PIN = C(t) + (f_E - h_E)\langle E - D\rangle = C^*(t) + K^*(t) - RE^* + g_D D^*$; where: E^*= optimal resource extraction; $R*E^*$= cost of resource extraction; $g_D D^*$= opportunity cost of new reserves discovered by exploration evaluated by its opportunity cost; and $R = (f_E - h_E)$ is the unit rent of the resource, Hotteling income or opportunity cost of resource *in situ*.

Method for the introduction of ecological accounts and environmental services

The procedure proposed below is based on the method for the externalities introduction in the general equilibrium theory proposed by González-Estrada (2003 and 2004). In order to enter costs for depletion and degradation of natural resources in the social accounting matrix, first it is necessary to introduce them in decision functions of economic agents, costs and

nuevas reservas descubiertas por la exploración evaluadas por su costo de oportunidad; y $R=(f_E - h_E)$ es la renta unitaria del recurso, renta de Hotteling o costo de oportunidad del recurso *in situ*.

Método para la introducción de cuentas ecológicas y de servicios ambientales

El procedimiento que se propone a continuación, está basado en el método para la introducción de externalidades en la teoría del equilibrio general propuesto por González-Estrada (2003 y 2004). Con el fin de introducir los costos por agotamiento y degradación de los recursos naturales en la matriz de contabilidad social, primero es necesario que se introduzcan en las funciones de decisión los agentes económicos, costos y beneficios de uso del ambiente y de los recursos naturales, como lo sugiere Wan (1992) para toda clase de externalidades. Luego, se debe introducir una cuenta de capital ambiental y de recursos naturales en la matriz de contabilidad social, respetando siempre las ecuaciones de balance contenidas en esa matriz como el carácter biproporcional de la misma (Stone, 1985).

A continuación, se deben identificar aquellos agentes económicos que se benefician del usufructo del capital natural, que es social; es decir, aquellas unidades económicas que se benefician de esos recursos; no obstante, no incorporan en su estructura de costos el costo del uso y deterioro de ese capital. Después, se debe calcular una solución económicamente eficiente y socialmente óptima, instrumentada como una asignación de equilibrio de mercado con transferencias (González-Estrada, 2004). Más adelante, se debe introducir en las matrices de contabilidad social una cuenta de servicios ambientales óptimos.

El cálculo de una solución con esas características necesariamente requiere de una adecuada redistribución de los recursos iniciales (González-Estrada, 2003). Se requiere que los impuestos recabados por concepto de degradación ambiental y agotamiento de los recursos, se correspondan con los costos de los servicios ambientales óptimos, para reponer la capacidad productiva de los recursos (González-Estrada, 2004).

Por último, con el fin de completar la solución, se debe definir una política ambiental óptima socialmente y eficiente en el sentido económico. Una vez obtenida la matriz de contabilidad social con cuentas ecológicas y servicios ambientales, la renta de Hotteling se calculará de la siguiente

benefits of environment use and natural resources as suggested by Wan (1992), for all kinds of externalities. Then, an environmental capital account and natural resources in the social accounting matrix must be introduced, always respecting the balance equations contained in the matrix as the character bi-proportional of it (Stone, 1985).

Then, those economic agents who benefit from the enjoyment of natural capital that is social, must be identified; i. e., those economic units that benefit from these resources; however, they do not incorporate into its cost-structure the costs of using and deterioration of that capital. Then, an economically efficient and socially optimal solution must be calculated, implemented as a market equilibrium allocation with transfers (González-Estrada, 2004). Later, an optimal environmental services account must be entered in the social accounting matrices.

The calculation of a solution with these characteristics necessarily requires an appropriate redistribution of initial resources (González-Estrada, 2003). It is required that the collected taxes of environmental degradation and resource depletion, are consistent with the costs of the optimal environmental services to replace the resources' productive capacity (González-Estrada, 2004).

Finally, and in order to complete the solution, a socially optimal and economically efficient environmental policy must be defined. Once the social accounting matrix with ecological accounts and environmental services is obtained, Hotteling income is calculated as follows: R= VBP - CI - SS - CCF - rCF; where: VBP= gross value of production, CI= intermediate consumption or capital; SS= wages and salaries; CCF= fixed costs or constant capital; rCF= capital gains.

Used instruments and statistics

Literature related to the explanation of the overall operation of a typical accounting matrix was reviewed (Kehoe, 1996; Vinicio, 2006). Social accounting matrix of Mexico 2004 developed by Barboza *et al*. (2009) was also used and modified by this paper's authors in order to incorporate the ecological accounts and environmental services. Statistical material of Mexico's economic and ecological accounting system 1999-2004 (INEGI, 2006), was also used.

manera: R= VBP - CI - SS - CCF - rCF; donde: VBP= valor bruto de la producción; CI= consumo intermedio o capital circulante; SS= sueldos y salarios; CCF= costos fijos o capital constante; rCF= ganancias del capital.

Instrumentos y estadísticas utilizadas

Se revisó la literatura relacionada con la explicación del funcionamiento general de una matriz de contabilidad típica (Kehoe, 1996; Vinicio, 2006). También se usó la matriz de contabilidad social de México 2004 elaborada por Barboza *et al*. (2009), la cual fue modificada por los autores(as) de esta investigación, con el fin de incorporar en ella las cuentas ecológicas y los servicios ambientales. También se utilizó el material estadístico del sistema de cuentas económicas y ecológicas de México 1999-2004 (INEGI, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Introducción de las cuentas ecológicas en la matriz de contabilidad social

Para el año 2004 los costos totales por agotamiento y degradación ambiental (CTADA), representaron aproximadamente 9.2% del PIB, equivalentes a 712 344 millones de pesos. ¿Cómo fueron introducidos esos costos tan considerables en la matriz de contabilidad social?

Los recursos naturales, incluyendo dentro de ellos al medio ambiente, son "apropiados económicamente" por el capital, de hecho o por derecho, para usarlos en el proceso productivo. Constituyen, por ello, una forma de capital natural o social que es apropiado económicamente, sin costo alguno, por los capitalistas productores de mercancías, ya que proporcionan insumos y recursos a las actividades productivas y contribuyen a una mayor creación valores de uso y valor económico. En consecuencia: $Y= A_t f (K^E, L_t)$; donde: A_t=nivel de tecnología; K^E= total de activos de capital físico y activos correspondientes al ambiente y recursos naturales; L_t= trabajo (González-Estrada, 1999; 2002).

De acuerdo con Wan (1992), para obtener una solución eficiente en presencia de externalidades, es necesario que se introduzcan estas últimas en las funciones de decisión de los agentes económicos. En consecuencia, con el fin de introducir los costos por agotamiento y degradación de los recursos naturales en la matriz de contabilidad social,

RESULTS AND DISCUSSION

Introduction of ecological accounts in the social accounting matrix

For 2004, the total costs of depletion and environmental degradation (CTADA), represented approximately 9.2% of GDP, equivalent to 712 344 million pesos. How do, these significant costs were introduced in the social accounting matrix?

Natural resources, including the environment, are "economically appropriate" for capital, in fact or in law, for using them in the production process. Therefore, they constitute a form of natural or social capital which are economically taken over, without charge, by commodity producers' capitalists, as they provide input and resources to productive activities and contribute to greater creation of use values and economic value. Therefore: $Y= A_t f (K^E, L_t)$; where: A_t= technology level; K^E= total physical capital assets and assets of environment and natural resources; L_t= work (González-Estrada, 1999; 2002).

According to Wan (1992), in order to obtain an efficient solution in presence of externalities, it is necessary to introduce them into the decision functions of economic agents. Consequently, in order to enter the depletion and degradation costs of natural resources in the social accounting matrix, first an environmental and natural capital account must be entered. For this, the capital account has to be divided into two accounts: the physical capital account and natural capital account. This operation should be carried out in compliance with the balance equations contained in this matrix as well as its balanced and bi-proportional nature.

The demand for resources should be imputed to households and businesses, in proportion to their use of these resources; i.e., in direct proportion to their participation in GDP. Like the others, the natural capital account must be balanced. The result of this process is shown in Table 1.

The deterioration of natural capital means loss of economic opportunities (low productive potential) and direct or indirect economic costs; so it is necessary to calculate the economic cost of the environment and the resources to make them comparable with other goods and services. In order to get the balance of the social accounting matrix after the introduction of the environmental accounts.

primero se debe introducir una cuenta de capital ambiental y natural. Para ello, se debe dividir la cuenta de capital en dos cuentas: la cuenta de capital físico, y la cuenta del capital natural. Esa operación se debe llevar a cabo respetando tanto las ecuaciones de balance contenidas en esa matriz como el carácter balanceado y biproporcional de la misma.

La demanda por los recursos debe imputarse a las unidades familiares y a las empresas proporcionalmente al uso que hagan de esos recursos; es decir, en proporción directa a su participación en el PIB. Al igual que las demás, la cuenta de capital natural debe estar balanceada. El resultado de este proceso se muestra en el Cuadro 1.

El deterioro del capital natural supone pérdida de oportunidades económicas (disminución del potencial productivo) y de costos económicos directos o indirectos, por lo que se hace necesario calcular el precio económico del ambiente y de los recursos en forma tal, que sea comparable con el de otros bienes y servicios. Con el fin de obtener el equilibrio y el balance de la matriz de contabilidad social, después de la introducción de cuentas ecológicas.

Otro resultado, observable en la matriz del Cuadro 1, es que las rentas por capital natural y agotamiento de recursos que se apropian, como si fueran ganancias, las empresas capitalistas y las unidades familiares son respectivamente: 173 864 y 538 479 millones de pesos, respectivamente. Con base a González-Estrada (2004), se concluye que esas cantidades son iguales, precisamente, a los costos por agotamiento y degradación que deben de pagar anualmente esos agentes económicos. Pigou (1910), propuso se cobrase un impuesto equivalente a la disparidad entre el costo social y los costos privados.

Matriz de contabilidad social con cuentas ecológicas y con servicios ambientales

La introducción de una cuenta de servicios ambientales óptimos, presupone el cálculo de una solución económicamente eficiente y socialmente óptima, instrumentada como una asignación de equilibrio de mercado con transferencias. De acuerdo con González-Estrada (2003), el cálculo de una solución con esas características necesariamente requiere de una adecuada redistribución de los recursos iniciales. Con base en los resultados obtenidos por González-Estrada (2004), se concluye que los responsables del deterioro ambiental deben pagar el impuesto ambiental óptimo, que en valor total es igual al monto perdido del capital natural, siendo éste para el año 2004 de 712 344 millones de pesos para el país.

Another result observed in the matrix in Table 1, is that rents for natural capital and depletion of resources, which are taken by capitalist firms and households as profits are: 173 864 and 538 479 million pesos, respectively. Based on González-Estrada (2004), it is concluded that these quantities are equal to the depletion and degradation costs which must be paid annually by these economic agents. Pigou (1910), proposed to charge a tax which were equal to the disparity between social and private costs.

Social accounting matrix with ecological accounts and environmental services

Introducing an optimal environmental services account, involves calculating an economically efficient and socially optimal solution, implemented as a market equilibrium allocation with transfers. According to González-Estrada (2003), calculating a solution with such characteristics, necessarily requires an appropriate redistribution of the initial resources. Based on results obtained by González-Estrada (2004), is concluded that those responsible for the environmental damage must pay an optimal environmental tax, which the total amount must be equal to the natural capital-loss, being for 2004 around 712 344 million pesos for the country.

Finally, the introduction of optimum environmental services account requires that taxes collected on account of the environmental degradation and resource depletion, corresponding to the costs of the optimal environmental services in order to replace the resources' productive capacity (González-Estrada, 2004). The social accounting matrix with ecological accounts and optimal environmental services, resulting from this process is shown in Table 2.

It's assumed that the State collects ecological taxes and invests them in ecological services. Any decentralized solution, if optimal, should be quantitatively equal as the preceding one.

The proposed solution versus the fundamental equation of economic growth

According to macroeconomic accounting, the income of a country is equal to the income of factors of production: $Y_t = W_k K_t + W_l L_t$. Note that the major factor appears at market prices, regardless of the environmental damage, and without considering the use of natural resources,

Cuadro 1. Matriz de contabilidad social macroeconómica de México con capital natural, 2004 (en millones de pesos).
Table 1. Macroeconomic social accounting matrix with natural capital of Mexico, 2004 (in million pesos).

	Actividades	Productos	Factor L	Factor K	I. K. Físico	II. K. Nat.	Hogares	Empresas	Impuestos indirectos	Impuestos directos	Gobierno	Resto del mundo	Ahorro + inversión	Total
Actividades		12 815 257												12 815 257
Productos	5 106 161						5 253 414				913 971	2 280 508	1 699 246	15 253 300
Factor L	2 341 996											17 291		2 359 287
Factor K	4 580 602											40 734		4 621 336
I. K. Físico	3 868 258											40 734		3 908 992
II. K. Natural	712 344													712 344
Hogares			2 359 287	3 298 021	2 759 542	538 479		10 176			296 707	187 494		6 151 686
Empresas				1 064 867	891 002	173 865					164 744			1 229 611
Impuestos indirectos	786 498													786 498
Impuestos directos							220 270	263 444						483 714
Gobierno				82 168	82 168				786 498	483 714		6 126		1 358 506
Resto del mundo		2 438 043		176 280	176 280						901			2 615 224
Ahorro + inversión							678 002	955 990			-17 817	83 071		1 699 246
Total	12 815 257	15 253 300	2 359 287	4 621 336	3 908 992	712 344	6 151 686	1 229 610	786 498	483 714	1 358 504	2 615 224	1 699 246	

Elaboración con base en la matriz construida por Barboza *et al*., (2009).

Por último, la introducción de una cuenta de servicios ambientales óptimos, requiere que los impuestos recabados por concepto de degradación ambiental y agotamiento de los recursos, esté en correspondencia con los costos de los servicios ambientales óptimos, para reponer la capacidad productiva de los recursos (González-Estrada (2004). La matriz de contabilidad social con cuentas ecológicas y servicios ambientales óptimos, que resulta de ese proceso se muestra en el Cuadro 2.

Se asume que es el Estado quien recauda los impuestos ecológicos y quien los invierte en servicios ecológicos. Cualquier solución descentralizada si es óptima debería ser cuantitativamente igual a la anterior.

La solución propuesta versus la ecuación fundamental del crecimiento económico

De acuerdo con la contabilidad macroeconómica, el ingreso de un país es igual al ingreso de los factores de la producción: $Y_t = W_k K_t + W_l L_t$. Obsérvese que el factor capital aparece a precios de mercado, sin consideración del daño ambiental y sin tomar en cuenta el uso de los recursos naturales, por lo que esa solución del mercado no es eficiente. González-Estrada (2004) demostró que para que fuese eficiente, se requeriría introducir un impuesto ambiental, que hiciese pagar ese costo a los que se benefician del deterioro del ambiente y del uso de los recursos naturales. En consecuencia, se debe modificar la cuenta del ingreso nacional medido por el ingreso de los factores y consecuentemente, la ecuación fundamental de la acumulación de capital: $C_t + K_{t+1} - (1-\delta)K_t = Yt = W_k K_t + W_l L_t$.

De acuerdo con González-Estrada (2004), la nueva ecuación fundamental del crecimiento económico que expresa una solución económicamente eficiente y socialmente óptima, instrumentada como una asignación de equilibrio general con transferencias, es: $C_t + K_{t+1}^E - (1-\delta^E)K_t^E + G^E = (1-\tau^E) W_k K_t^E + W_l L_t$; donde: $G^E = \tau^E K_t^E$; C_t= consumo nacional; K_{t+1}^E= suma total de activos al final del periodo t con capital natural; δ^E= tasa de depreciación del capital natural; K_t= monto total de activos; K_t^E= monto total de activos con capital natural; τ^E= impuesto ambiental óptimo; W_k= tasa de ganancia del capital; W_l= tasa salarial; G^E= recabado por el uso del capital natural; L_t= gastos en fuerza de trabajo.

En la ecuación anterior ya aparece el capital natural dentro de los activos totales, su depreciación, el impuesto ambiental óptimo y el pago ambiental, elementos necesarios para una solución eficiente económica y socialmente óptima.

so that market solution is not efficient. González-Estrada (2004) showed that in order to be effective, the introduction of an environmental tax was required; which make those who profit from the environmental degradation and natural resource' use, to pay its cost. Consequently, national income accounting measured by the factor income, must be modified and consequently, the fundamental equation of capital accumulation: $C_t + K_{t+1} - (1-\delta)K_t = Yt = W_k K_t + W_l L_t$.

According to González-Estrada (2004), the new fundamental equation of economic growth that expresses an economically efficient and socially optimal solution, implemented as a general equilibrium allocation with transfers is: $C_t + K_{t+1}^E - (1-\delta^E)K_t^E + G^E = (1-\tau^E) W_k K_t^E + W_l L_t$; where: $G^E = \tau^E K_t^E$; C_t= national consumption; K_{t+1}^E = total assets at end of period t with natural capital rate; δ^E= depreciation of natural capital rate; K_t= total assets; K_t^E= total natural capital assets; τ^E= optimal environmental tax; W_k= capital gain rate; W_l= wage rate; G^E= collected by natural capital use; L_t= labor expenses.

In the above equation appears the natural capital in total assets, its depreciation, the optimal environmental tax and environmental fee; required elements for an efficient economical solution and socially optimal.

Environmental tax policy and environmental services, by productive sector

Based on that demonstrated by González-Estrada (2004), it should be clarified that the policy which seeks to achieve the lowest levels of the environmental degradation and natural resources will not necessarily be efficient and optimal. Furthermore, "all optimal control policy must match the existing property regime". The optimal social or economic solution can be implemented as a solution of general equilibrium or Nash equilibrium (1950) defined by Fundenberg and Tirole (1992), if rigorously defines a tax, a transfer system that meets the mathematical conditions of the solution.

When industries do not have the right to degrade the environment, a tax that is imposed on them for optimal use of resources and environmental degradation is not itself an allocation of general equilibrium. According to what González-Estrada (2004) showed for a similar case, it can be postulated that in order to implement the optimal solution in the market, as an equilibrium allocation with

Cuadro 2. Matriz de contabilidad social con cuentas ecológicas y servicios ambientales. México 2004 (millones de pesos).
Table 2. Social accounting matrix with ecological accounts and environmental services. Mexico 2004 (million pesos).

	Actividades	Productos	Factor L	Factor K	I. K. Físico	II. K. Nat.	Hogares	Empresas	Impuestos indirectos	Impuestos directos	Impuestos ambientales	Gobierno	Resto del mundo	Ahorro + inversión	Total
Actividades		12 815 257													12 815 257
Productos	5 106 161						5 253 414					913 971	2 280 508	1 699 246	15 253 299
Factor L	2 341 996												17 291		2 359 287
Factor K	4 580 602												40 734		4 621 336
I. K. Físico	3 868 258												40 734		3 908 992
II. K. Natural	712 344														712 344
Hogares			2 359 287	3 298 021	2 759 542	538 479		10 177			-538 479	296 707	187 494		5 613 207
Empresas				1 064 867	891 002	173 865					-173 865	164 744			1 055 746
Impuestos indirectos	786 498														786 498
Impuestos directos							220 270	263 444							483 714
Impuestos ambientales							-538 479	-173 865				712 344			0
Gobierno				82 168	82 168				786 498	483 714	712 344		6 126		2 070 850
Resto del mundo		2 438 043		176 280	176 280							901			2 615 224
Ahorro + inversión							678 002	955 990				-17 817	83 071		1 699 246
Total	12 815 257	15 253 300	2 359 287	4 621 336	3 908 992	712 344	5 613 207	1 055 746	786 498	483 714	0	2 070 850	2 615 224	1 699 246	

Elaboración con base a la matriz construida por Barboza *et al*., (2009).

Política fiscal ambiental y servicios ambientales, por sector productivo

Con base en lo demostrado por González-Estrada (2004), se debe aclarar que la política que pretenda alcanzar los niveles más bajos de deterioro del ambiente y de los recursos naturales no necesariamente será eficiente y óptima. Además, "toda política óptima de control debe coincidir con el régimen de propiedad existente". La solución social o económica óptima puede instrumentarse como una solución de equilibrio general o de equilibrio de Nash (1950) definido por Fundenberg y Tirole (1992), si se define rigurosamente un sistema de transferencias e impuestos que cumpla con las condiciones matemáticas de esa solución.

En caso que las industrias no tengan el derecho de deteriorar el ambiente, que se les imponga un impuesto óptimo por usar los recursos y por degradar el medio ambiente no es por sí mismo, una asignación de equilibrio general. De acuerdo con lo que González-Estrada (2004) mostró para un caso análogo, se puede postular que con el fin de implementar esa solución óptima en el mercado, como una asignación de equilibrio con transferencias, es necesario que lo recabado por concepto de impuestos por el deterioro del ambiente, sea transferido como una compensación que se destine al mejoramiento del ambiente y a la reposición de su capacidad productiva previa; es decir, a los servicios ambientales.

Para ello se requiere de la acción decidida del Estado, de acuerdo con lo postulado por Stiglitz (2000). Los resultados de este procedimiento se muestran en el Cuadro 3, donde se muestran los principales sectores económicos, los costos totales por agotamiento y degradación ambiental (CTADA) que generan, así como la aportación al producto interno bruto de cada uno de ellos. También se muestra el impuesto ambiental óptimo que debería pagar anualmente cada sector, según la solución óptima con transferencias:

transfers, it is necessary that the collected taxes by the environment deterioration, must be transferred as means of compensation intended to improve the environment and the replacement of its previous production capacity; i. e., to environmental services.

For this, is required a decisive action from the State, according with the postulated by Stiglitz (2000). The results of this procedure are shown in Table 3, which presents the main economic sectors, the total costs for depletion and environmental degradation (CTADA) generated, as well as the contribution to gross domestic product of each one. It also shows the optimal environmental tax that should be paid annually by each sector, according to the optimal solution with transfers.

The Sector 6 corresponds to transportation, storage and communications, it's the one who generates more costs for depletion and environmental degradation (109 074.2 billion pesos) and represent 45.12% of the degradation cost; followed in importance by sector 2 of mining, with degradation cost for 44 488.7 billion pesos, which are equivalent to 31.6%; third, sector 4 of building, with 25 511.3 billion pesos, equivalent to 19.69%; followed by the agriculture, forestry and fishing sector, which production activities have a social cost of 49 226.3 billion pesos, equivalent to 13.5% of the efficient environmental tax total.

In other sectors, the tax is less than 3%. Obviously, according to González-Estrada (2003 and 2004), since the previous environmental-fiscal policy is optimal by construction, then any other alternative mechanism for maintaining the environment's productive capacity and a rational use of natural resources, if efficient and optimal, will necessarily be equivalent from a quantitative standpoint, to the environmental-fiscal policy proposed here.

Cuadro 3. Impuesto ambiental óptimo por sectores económicos, 2004 (miles de pesos corrientes).
Table 3. Optimal environmental tax by economic sector, 2004 (thousand pesos).

Sectores	Costos por agotamiento y degradación ambiental (CTADA)	PIB por sector	Impuesto óptimo (%)
Sector 1. Agropecuario, silvicultura y pesca	49 226 321	374 222 795	13.15
Sector 2. Minería	44 488 691	140 773 141	31.6
Sector 3. Industria	24 102 040	1 757 229 271	1.37
Sector 4. Construcción	2 389 898	531 527 200	0.45
Sector 5. Electricidad, gas y agua	25 511 291	129 583 540	19.69
Sector 6. Transporte*, almacenamiento y comunicaciones	457 551 496	1 014 172 995	45.12
Sector 7 y 8. Servicios financieros, seguros y bienes inmuebles	109 074 264	3 761 587 058	2.9
Sub-total	712 344 000	7 709 096 000	9.24

Elaborado con datos de INEGI (2006). *= para el sector 6, comercio, restaurantes y hoteles no se calculó el impuesto por falta de datos.

El sector 6, correspondiente al transporte, almacenamiento y comunicaciones, es el que genera más costos por agotamiento y degradación ambiental (109 074.2 millones de pesos) y representan 45.12% del costo por degradación; sigue en importancia el sector 2 de la minería, con un costo por degradación 44 488.7 millones de pesos, equivalentes a 31.6%; en tercer lugar el sector 4 de la construcción, con 25 511.3 millones de pesos, equivalentes al 19.69%; sigue el sector agropecuario, la silvicultura y la pesca, cuyas actividades productivas tienen un costo social de 49 226.3 millones de pesos, equivalentes a 13.5% del la suma total de impuestos ambientales eficientes.

En el resto de los sectores, el impuesto es menor a 3%. Resulta obvio, de acuerdo con González-Estrada (2003 y 2004), que dado que la política fiscal-ambiental anterior es óptima por construcción, entonces cualquier otro mecanismo alternativo de mantenimiento de la capacidad productiva del ambiente y de una explotación racional de los recursos naturales, si es eficiente y óptimo, será necesariamente equivalente, desde un punto de vista cuantitativo, a la política fiscal-ambiental aquí propuesta.

La necesidad del cambio social y del cambio técnico y del desarrollo de la productividad

El trabajo de González-Estrada (2003) infiere que los efectos Stolper-Samuelson sobre la degradación ambiental, dependen de la naturaleza tecnológica de las empresas que producen esa externalidad negativa, por lo que resulta crucial impulsar el cambio técnico en todas las empresas, con el fin de hacer un uso más eficiente de la naturaleza, especialmente las que más deterioran los recursos naturales y el ambiente.

Por lo tanto, una política ambiental eficiente, óptima y sustentable, sería aquella que, además de contener lo dicho hasta aquí, promoviera sanamente, sin distorsiones en la economía (externalidades) y con un daño ambiental óptimo, el crecimiento acelerado del cambio técnico y de la productividad total de los factores, PTF (Parente y Prescott, 2000; González-Estrada, 2002). Para la aplicación de una política fiscal-ambiental como la ya señalada, "se requiere crear las condiciones sociales, económicas e institucionales, para la adopción de innovaciones técnicas más eficientes económica y ambientalmente en los procesos productivos" (González-Estrada, 2002).

The need for social and technological change and productivity development

The paper of González-Estrada (2003), infers that the Stolper-Samuelson effects on environmental degradation, depend on the technological nature of companies that produce this negative externality, so it is crucial to promote technical change in all firms, in order to create a more efficient use of nature, especially from those which deteriorate more natural resources and environment.

Therefore, an efficient environmental policy, optimal and sustainable; would be one that in addition to what has been said here would promote, with no distortions in the economy (externalities) and with an optimal environmental damage, rapid growth of technical change and the total factor productivity, TFP (Parente and Prescott, 2000; González-Estrada, 2002). For the application of a fiscal-environmental policy as already noted, "is required to create the social, economic and institutional conditions, for the adoption of technical innovations economically and environmentally more efficient in production processes" (González-Estrada, 2002).

CONCLUSIONS

Economically efficient and socially optimal solutions are needed, where environmental payment is imposed in order to restore the quality and productive capacity of the environment and natural resources. Certainly, to implement this policy in today's society, will not be easy, since there would be a formidable opposition, mainly by those who benefit from the use and deterioration of the environment and natural resources. However, it has to be done, because the alternative costs of ignoring the environmental degradation and depletion of the natural resources would be even bigger. The fact that the beneficiaries of the resource degradation are not willing to pay for the damage, represents a market failure; making necessary the State intervention and collective action of society.

The implementations of environmental and ecological policies, which are economically efficient and optimal from a social point of view, require significant technological and socioeconomic changes whose implementation is necessary. Will today's society be capable of carrying them out?

End of the English version

CONCLUSIONES

Es necesario soluciones económicamente eficientes y socialmente óptimas, en las que se imponga un pago ambiental, con el fin de restaurar la calidad y la capacidad productiva del ambiente y de los recursos naturales. Es indudable que en la sociedad actual no será nada fácil aplicar esta política, pues contaría con una oposición formidable, principalmente por los intereses creados que se benefician del uso y deterioro del ambiente y de sus recursos naturales. A pesar de ello, tienen que llevarse a cabo, porque los costos alternativos que tendría el no hacer caso al deterioro ambiental y del agotamiento de los recursos naturales serían aún mayores. El hecho que los beneficiarios de la degradación de los recursos no estén dispuestos a pagar por el daño causado, representa una falla de mercado, por lo que resultan necesarias la intervención del Estado y la acción colectiva de la sociedad.

La instrumentación de políticas ambientales y ecológicas eficientes económicamente y optimas desde un punto de vista social, requieren de cambios socioeconómicos y tecnológicos importantes cuya aplicación apremia. ¿Será capaz la sociedad actual de llevarlos a cabo?

LITERATURA CITADA

Barboza, C. I.; Vázquez, A. J. y Matus, J. A. 2009. Matriz de contabilidad social 2004 para México. Agrociencia. 43:551-558.

Cornes, R. and Sandler, T. 2000. The theory of externalities, public goods, and club goods. Cambridge University Press. Cambridge, MA. 303 p.

Fundenberg, D. and Tirole, J. 1992. Game theory. MIT Press. Cambridge, MA. 579 p.

González-Alcot, R., Matus-Gardea, J. y González-Guillén, M. 2008. Efecto de las políticas económicas en los recursos naturales y el medio ambiente en México. Agrociencia. 42:847-855.

González-Estrada, A. 1999. Programación dinámica con aplicaciones en la Economía. Instituto Nacional de Derecho de Autor. D. F., México. 175 p.

González-Estrada, A. 2002. Dinámica de los cultivos básicos en la liberalización comercial de México: modelo dinámico multisectorial de equilibrio general. INIFAP-CONACYT. Chapingo, México. Libro técnico. Núm. 5.

González-Estrada, A. 2003. La Economía de la contaminación en la teoría del equilibrio general competitivo: I Reformulación del modelo y efectos Stolper-Samuelson. Agrociencia. 37(1):45-55.

González-Estrada, A. 2004. La economía de la contaminación en la teoría del equilibrio general competitivo: II Efectos Rybcszynski y políticas eficientes y óptimas de control. Agrociencia. 38:313-324.

Hartwick, J. M. 1977. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. American Economic Review. 67(5):972-974.

Hartwick, J. M. 1990. Natural resources, natural accounting and economic depreciation. Journal of Public Economics. 43:291-304.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2006. Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México 1999-2004. D.F., México.

Kehoe, T. J. 1996. Social accounting matrices and applied general equilibrium models. Federal Reserve Bank of Minneapolis. Working Paper 563. Minneapolis, MN. 44 p.

Leontief, W. W. 1941. The structure of American economy, 1919-1929: an empirical application of equilibrium analysis. Harvard University Press. Cambridge, Mass.

Marx, C. 1985. Crítica del programa de Gotha. Ediciones en Lenguas Extrajeras. Pekin. 101 p.

Marx, C. 1999. El capital, Tomo I. Traducción de Wenceslao Roces. Fondo de Cultura Económica. D. F., México, 849 p.

Mas-Colell, A.; Whinston, M. D. and Green, J. R. 1995. Microeconomic theory. Oxford University Press. Cambridge, England. 981 p.

Nash, J. 1950. Equilibrium points in *n*-person games. Proceedings of the National Academy of Sciences 36:48-49.

Parente, S. L. and Prescott, E. C. 2000. Barriers to riches. The Walras-Pareto lectures, Université de Lausanne. The Massachusetts Institute of Technology Press. Cambridge, M. A. and London. 164 p.

Pigou, A. C. 2010. Welfare economics. General Books LLC. Cambridge, MA. and London. 628 p.

Taylor, L. 1990. Socially relevant policy analysis: Structuralist computable general equilibrium models for the developing world. MIT Press. Cambridge, MA. 389 p.

Stiglitz, J. 2000. Economics of public sector. Third edition. W. W. Norton & Company. New York. 848 p.

Stone, R. 1985. The disaggregation of the household sector in the national accounts. *In*: Pyatt, G. and Round, J. I. Social accounting matrices: A basis for planning. The World Bank. Washington, DC. 145-185 pp.

Varian, H. R. 1997. Microeconomic analysis. W. W. Norton and Company. New York. 506 p.

Vinicio, S. M. 2006. Matriz de contabilidad social (MCS) 2002 de Costa Rica, y los fundamentos metodológicos de su construcción. Comisión Económica para América Latina. Serie de Estudios y Perspectivas. D. F., México. 75 p.

Vinogradov, A. 1991. El progreso técnico y la protección de la biósfera. *In*: La sociedad y el medio ambiente. Editorial Progreso. Moscú. 246 p.

Wan, H. Y. 1992. A note on trading gains and externalities. Journal of International Economics. 2:173-180.

Weitzman, M. 1976. On the welfare significance of national product in a dynamic economy. Quarterly Journal of Economics. 90(1):156-162.