

# DESARROLLO SOSTENIBLE Y PRODUCTO INTERNO BRUTO ECOLÓGICO INCLUYENDO LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2003-2008

*(Recibido: 08 septiembre/2011 - Aceptado: 20 octubre/2011)*

5

**Alejandra Valverde Reyes\***  
**Francisco Almagro Vázquez\*\***

## **Resumen**

Este artículo comienza reseñando un conjunto de enfoques del pensamiento económico, desde que se tuvieron en cuenta los recursos de la naturaleza y del medio ambiente en los paradigmas relacionados con el desempeño de la sociedad. Entre otros autores, se menciona a Malthus y sus criterios limitantes de los bienes que proporciona la naturaleza; Pigou, quien identificó el bienestar social con la asignación óptima de recursos y Hotelling, señalando la relación entre el agotamiento de los recursos naturales y las tasas de interés.

Después de estos antecedentes necesarios para situar el tema, se emiten algunas definiciones de desarrollo sustentable o sostenible, resaltando el concepto aceptado internacionalmente y aprobado por la Organización de las Naciones Unidas, así como el creciente interés por medir el desarrollo sostenible.

Como aspecto básico del trabajo, se expone la conversión del producto interno bruto al producto interno bruto ecológico, con el objetivo de derivar del primero, el cálculo del producto interno bruto ecológico referido al aire que contiene la contaminación en la Zona Metropolitana del Valle de México, para el período 2003-2008.

**Palabras clave:** Desarrollo Sostenible, Producto Interno Bruto Ecológico, Contaminación del Aire.

**Clasificación JEL:** Q01, Q33.

\* Maestría en Ciencias Económicas Escuela Superior de Economía IPN.

\*\* Profesor Escuela Superior de Economía IPN. Miembro del SNI nivel II.

**Abstract**

This article shows the economic thinking, since it began to take into account the resources of nature and the environment in the paradigms related to the performance of the society. Among others, are mentioned Malthus and his criteria of the goods provided by nature; Pigou identified by the social welfare with the optimal allocation of resources and Hotelling that pointed the relationship between the depletion of natural resources and interest rates.

After this background needed to set the theme, given some definitions of sustainable development, highlighting the internationally accepted and approved by the United Nations Organization and the growing interest in measuring sustainable development

In turn, presents the conversion of gross domestic product to ecological gross domestic product, in order to derive the calculation of ecologic gross domestic product containing air pollution in the Mexico Valley Metropolitan Area, for 2003–2008

**Key words:** Sustainable Development, Ecological Gross Domestic Product, Air Pollution.

**Clasificación JEL:** Q01, Q33.

**Introducción<sup>1</sup>**

Uno de los problemas de mayor trascendencia en la etapa reciente que vive la humanidad es la supervivencia del hábitat del hombre. Esta necesidad de la sociedad se encuentra estrechamente vinculada a la preservación de los recursos naturales y del medio ambiente. El desarrollo sostenible<sup>2</sup> en su concepción contiene la relación entre tres pilares fundamentales: económico, ecológico y social. El presente artículo, en su objetivo principal, se encarga de la relación de viabilidad que debe existir entre el pilar económico y el ecológico, midiendo dicha relación a través del cálculo del producto interno bruto ecológico referido al aire (PI-BEREA) en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). Cabe señalar que una de las regiones que ostenta el mayor volumen de degradación del aire es precisamente la ZMVM. Consecuentemente un estudio de esta naturaleza puede considerarse un aporte al cálculo en América Latina de un producto interno bruto ecológico (PIBE) regional.

<sup>1</sup> Este trabajo está basado en la Investigación de Tesis de Alejandra Valverde Reyes para obtener el grado de Maestría en Ciencias Económicas en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, realizado bajo la dirección del Dr. Francisco Almagro Vázquez.

<sup>2</sup> El término **desarrollo sostenible, sustentable** o **perdurable** se aplica al desarrollo socioeconómico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumiría en el Principio 3.º de la Declaración de Río (1992). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común. <es.wikipedia.org/wiki/Informe.Brundtland>.

Actualmente, el logro de la compatibilidad entre el sistema económico y el medio ambiente se ha convertido en uno de los principales retos. Sin embargo, históricamente esto no siempre ha sido así, pues la relación entre economía y naturaleza ha sido cambiante. Para los economistas clásicos, la preocupación primordial era la del crecimiento económico y las menciones que se hicieron sobre los recursos naturales fueron sólo por el papel que éstos tomaban ante las posibilidades de crecimiento. Sin embargo, el mayor interés de la ciencia económica por las cuestiones medioambientales tomó auge a partir de la década de los setenta, en un contexto de marcados deterioros ambientales, que llevaron a cuestionar los límites físicos de la actividad económica y los efectos de ésta sobre la naturaleza.

A partir de ello, se inicia la búsqueda de un nuevo paradigma que pudiera responder a los problemas y desafíos que plantea el deterioro ambiental, en este hilo, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo formaliza en 1987 el término *desarrollo sostenible* definido como “aquel que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras”.

La introducción del concepto de desarrollo sostenible, hizo necesario el desarrollo de distintas técnicas para intentar medirlo. La contabilidad nacional mediante el cálculo del PIBE, intenta realizar una valoración monetaria asignando un costo al agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, elementos que por sus características no se intercambian en el mercado. Cuando los recursos naturales crecen más que su uso o depreciación, la diferencia se agrega a las cuentas nacionales. Por el contrario, todo uso de recursos no repuestos o incrementos en las tasas de polución, cuentan como descuento en las cuentas nacionales.<sup>3</sup>

Este artículo se ha estructurado de la siguiente manera: en la primera sección se hace una revisión del pensamiento económico que ha incluido entre sus tesis principales a los recursos naturales. En la segunda sección se aborda el concepto de desarrollo sostenible desde su surgimiento. La tercera sección muestra la necesidad de medir el desarrollo sostenible ante el surgimiento de dicho concepto. La cuarta sección plantea la conversión de un PIB tradicional a un PIBE sustentada en los planteamientos del Sistema de Cuentas Nacionales de 1993. En la quinta sección se utilizan los principales hallazgos en la literatura del desarrollo sostenible para calcular el PIBEREA, el cual materializa la relación de viabilidad que debe existir entre la economía y la ecología.

## **1. Enfoques del pensamiento económico, medio ambiente y recursos naturales**

En la literatura económica la preocupación por el uso de los recursos naturales apareció con Malthus, cuya idea era que la naturaleza fija un límite permanente al bienestar, la cual plasmó en su “Ensayo sobre los principios de la población” de 1798, donde ya hablaba

<sup>3</sup> Foladori, Guillermo, “Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales”, *Ambiente y Sociedad*, año II, No.5, segundo semestre de 1999.

sobre una escasez de recursos y decía que el crecimiento de la población rebasaría la oferta de alimentos.<sup>4</sup>

Lo que hoy se conoce como economía ambiental, tiene su origen en la economía del bienestar, que surge formalmente en 1920 con la obra de Pigou del mismo nombre, quien identificaba bienestar social con la asignación óptima de recursos. A su vez, intentó realizar un análisis sistemático de las fallas de mercado, siendo una de éstas las externalidades. Éstas dan origen a lo que más tarde llegaría a ser la economía ambiental, en la medida en que permitía dar cabida a los problemas de contaminación y a la discusión sobre el uso de regulaciones e instrumentos económicos para su control.

Los problemas de contaminación constituyeron un caso más en la extensa gama de posibles factores externos. Pigou estableció además la distinción entre costos marginales privados y sociales y aboga por la intervención del Estado mediante subsidios e impuestos para corregir las fallas de mercado e internalizar las externalidades.<sup>5</sup> Por su parte, Coase (1960) proponía un cambio completo de enfoque respecto al intervencionismo automático de la economía del bienestar: dado que el Estado también tiene sus fallas y su funcionamiento dista mucho de ser perfecto, proponía una negociación vía mercado de las partes involucradas para la gestión de los problemas ambientales.<sup>6</sup>

Por parte de la microeconomía de recursos, Hotelling (1931) estableció la regla que preside todo el análisis de la gestión de los recursos naturales, planteando acerca de la extracción que ésta se justifica cuando el precio del recurso menos el costo de la extracción aumente con la tasa de interés.<sup>7</sup>

El actual debate sobre la sostenibilidad ambiental o el desarrollo sostenible dentro de la economía, nace de la preocupación por el medio ambiente y los recursos naturales. La discusión contemporánea reconoce diversas vertientes de pensamiento.

Una de ellas, tiene su origen en el movimiento llamado conservacionista, el cual plantea los problemas medioambientales tanto a nivel social como político, uniéndolos a la teoría económica. Fue en el trabajo de Gray (1913) donde se especificó que el problema de la conservación era macroeconómico y estaba vinculado a la cuestión ética de la equidad intergeneracional, en 1914 realizó un estudio microeconómico sobre la explotación minera en un entorno perfectamente competitivo, estudio que más adelante fue concretizado por Hotelling (1931).<sup>8</sup>

<sup>4</sup> Malthus, Thomas, 1798, "An essay on the principle of population", London, printed for J. Johnson, in Sat. Paul's Church- Yard. Publicación disponible en Electronic Scholarly Publishing Project, 1998, <<http://www.esp.org>>.

<sup>5</sup> De Serpa, Allan C., 1993, "Pigou and Coase in retrospect", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 17 (1), marzo, pp. 27-50.

<sup>6</sup> Coase, R. (1960), "The Problem of Social cost", *The Journal of Law and Economics*, III, October. (Traducción en español de la revista Hacienda Pública Española, núm. 68, 1981).

<sup>7</sup> Hotelling H. (1931), "The economics of exhaustible resources", *The Journal of Political Economy*, vol. 39, num. 2. (traducido por el CEURA en los cuadernos de Economía aplicada serie B, núm. 3, 1987).

<sup>8</sup> Brazee, Richard J. y Cloutier, L. Martin, 2006, "Reconciling Gray and Hotelling. Lessons from early exhaustible resource economics", *The American journal of economics and sociology*, vol. 65, no. 3, junio, pp. 827-856.

Este movimiento conservacionista se ha convertido actualmente en la corriente también llamada sostenibilidad fuerte, que promueve una estética de la conservación y una ética de la tierra o bioética. Para los años setenta, la discusión ambiental propuso un crecimiento económico y poblacional cero, cuya justificación teórica fue dada por la economía ecológica, a través de trabajos como los de Herman Daly.

Otra inclinación de pensamiento, es la llamada humanista, y tiene sus raíces en las ideas y movimientos socialistas, colocándose del lado de los países con sectores pobres y subordinados. Esta corriente se expresa en los setenta en la propuesta tercermundista de ecodesarrollo y, más adelante, asumiendo el objetivo del desarrollo sostenible entiende que su construcción efectiva requiere un cambio social radical, centrado en atender las necesidades y calidad de vida de las mayorías, con un uso responsable de los recursos naturales.

Una parte de esta corriente tiene su base en las teorías de la llamada ecología social y, en menor medida, en la economía ecológica, ambas comparten las críticas a las concepciones económicas dominantes, pero la última no apoya la tesis de los límites físicos absolutos, ni la solución que se centra en la detención del crecimiento. La ecología social promueve una “sociedad ecológica” mediante la expansión de la vida y los valores comunitarios, que gradualmente dejaría en segundo término al mercado y su lógica de funcionamiento, así como la dominación estatal. Dentro de esta corriente se registra el llamado “ecologismo de los pobres” y la preocupación por preservar las culturas tradicionales que serán portadoras de una sabiduría ambiental (Martínez Alier, 1995).<sup>9</sup>

Finalmente, el ambientalismo moderado o sostenibilidad débil, es una corriente desarrollista y toma al hombre como centro, sin embargo, acepta la existencia de ciertos límites que impone la naturaleza y que éstos deben verse reflejados en la ciencia económica. Estas implicaciones son expresadas teóricamente en la llamada economía ambiental que tiene orígenes neoclásicos y políticamente en la propuesta hegemónica del desarrollo sostenible con crecimiento económico y márgenes de conservación, cuyos representantes más destacados son los organismos internacionales en la materia.

## 2. Surgimiento del paradigma Desarrollo Sostenible

El mayor interés de la ciencia económica por las cuestiones medio ambientales tomó auge a partir de la década de los setenta, en un contexto de marcados deterioros ambientales, que llevaron a cuestionar los límites físicos de la actividad económica y los efectos de ésta sobre la naturaleza. A partir de ello, se inicia la búsqueda de un nuevo paradigma que pudiera responder a los problemas y desafíos que plantea el deterioro ambiental, en este hilo, la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo formaliza en 1987 el término *desarrollo sostenible* definido como “aquel que responde a las necesidades del presente de

<sup>9</sup> Martínez Alier, J. (ed). (1995): Los principios de la Economía Ecológica. Madrid. Fundación Argentario-Visor distribuciones.

forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras”.

Por otro lado, la ecología, sostenía que el hombre estaba al servicio de la naturaleza y debía vivir como ésta lo ordenaba. Sin embargo, fueron los problemas de contaminación y escasez de recursos, los que dieron paso al paradigma que hoy se conoce como *desarrollo sostenible*.

Como antecedente, en 1972, el Club de Roma encarga al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) un informe basado en la simulación del crecimiento de la población, el crecimiento económico y el incremento de la huella ecológica durante 100 años. Dicho informe tomó forma en un libro llamado “Los límites del crecimiento”, que tuvo como autor principal a Dennis Meadows, y la tesis principal de éste fue: “en un planeta limitado, las dinámicas de crecimiento exponencial (población y producto per cápita) no son sostenibles”.<sup>10</sup>

10

En ese mismo año, se realiza en Estocolmo, Suecia, la primera conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el hombre, como resultado se emite una declaración en donde se abordan temas relacionados con el medio ambiente, además de proclamarse el “derecho de los seres humanos a un medio ambiente sano y el deber de protegerlo y mejorarlo para las generaciones venideras”. A partir de esto, se crea el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD).

El término “ecodesarrollo”, introducido por Ignacy Sachs, durante la Conferencia realizada en Cocoyoc en 1974, es considerado como antecedente del desarrollo sostenible. Para este autor, el ecodesarrollo es un “concepto que se puede definir como un desarrollo deseable desde el punto de vista social, viable desde el punto de vista económico y prudente desde el ecológico” Sachs (1980). Considerado como un término de compromiso que buscaba conciliar el aumento de la producción, que tan urgentemente reclamaban los países del Tercer Mundo, con el respeto a los ecosistemas necesario para mantener las condiciones de habitabilidad de la tierra.

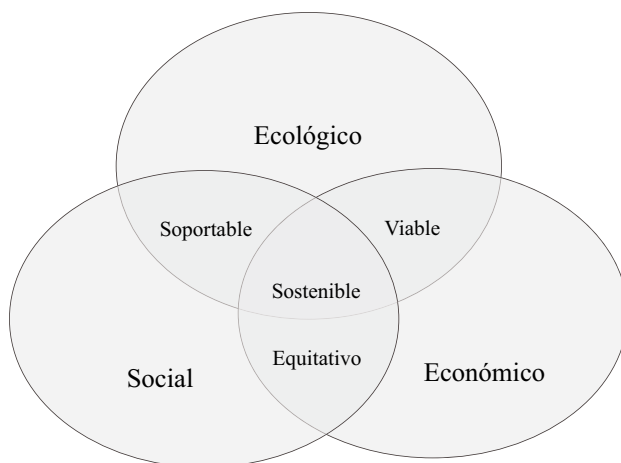
Este término, a su vez estuvo inspirado en la corriente de pensamiento representada por Alfred Lokta, Vladimir Vernadsky y Nicolas Georgescu, la economía ecológica. Este último autor decía, haciendo una crítica a la teoría neoclásica, que: “... el mercado libre es incapaz de llevar a cabo un reparto justo y racional de los recursos naturales entre los individuos, naciones y generaciones”.<sup>11</sup>

La CMMAD, emitió su informe sobre el medio ambiente y el mundo en 1987, conocido como el informe de Brundtland, el cual se llamó *Nuestro Futuro Común*. En este contexto, se difunde el término “desarrollo sostenible” que se definió como “aquel que responde a las necesidades del presente de forma igualitaria, pero sin comprometer las posibilidades de sobrevivencia y prosperidad de las generaciones futuras”, se estableció además, que los problemas de orden social, económico y ambiental no pueden ser analizados de manera aislada (Ver esquema 1).

<sup>10</sup> Meadows, Dennis, et.al., 1972, *Los límites al crecimiento*. (Trad. De Víctor Urquidi), Club de Roma, México, FCE, 1975.

<sup>11</sup> Georgescu-Roegen, Nicholas, *La ley de la Entropía y el problema económico*, Fondo de cultura económica, México, 1991.

### Esquema 1 Pilares del Desarrollo Sostenible



Fuente: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): *Nuestro Futuro Común*, 1987.

Dicho informe, sirvió para forjar una vía intermedia entre el pesimismo malthusiano preocupado por el agotamiento de los recursos y el optimismo de los teóricos de la abundancia que creen en las soluciones tecnológicas (Sachs, 1994). En tal sentido, son conocidas las reflexiones de los teóricos del crecimiento acerca del problema del agotamiento de los recursos, donde mencionan que éste depende de modo importante de tres aspectos tecnológicos: los rendimientos (constantes) a escala; la facilidad con la que factores hechos por el hombre (especialmente el capital) puedan sustituir los recursos no renovables en la producción; y la probabilidad de que haya progreso tecnológico (en particular, ahorrador de recursos naturales).<sup>12</sup>

En 1992, se lleva a cabo en Rio de Janeiro, la segunda conferencia de las naciones unidas sobre medio ambiente y desarrollo (CNUMAD), conocida como *Cumbre por la Tierra*, cuyo fin era elaborar estrategias y medidas para detener y revertir el proceso de degradación ambiental promoviendo el desarrollo sostenible.

Se emiten una serie de declaraciones entre las que destacan: a) la convención sobre el cambio climático, una recomendación para estabilizar las emisiones de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para el año 2000 a niveles de 1990; b) la convención sobre la biodiversidad, que reconoció la soberanía que tiene cada país respecto a su patrimonio biogenético; c) la declaración de principios sobre el manejo, la conservación y desarrollo sostenible de todos los bosques.

En la tercera cumbre, realizada en Johannesburgo en 2002 conocida como *Desde nuestro origen hasta el futuro*, se reconoció que la erradicación de la pobreza, la modificación de

<sup>12</sup> Ver Stiglitz (1974) en "Growth with exhaustible resources: efficient and optimal growth paths", *Review of Economic Studies*. Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, vol. 41.

las pautas insostenibles de producción y consumo y la protección y ordenación de la base de recursos naturales para el desarrollo social y económico son objetivos primordiales y requisitos fundamentales de un desarrollo sostenible.

### 3. Medición del desarrollo sostenible

La introducción del concepto de desarrollo sostenible, hizo necesario el desarrollo de distintas técnicas para intentar medirlo. Entre las herramientas que miden la parte ambiental, destacan la realizada por Rees y Wackernagel (1994) llamada *Ecological footprints*, en donde compara las demandas de consumo humanas de un territorio determinado con el grado en que dichas demandas pueden ser cubiertas dentro del mismo espacio. En 1992, Schmidt-Bleck propuso medir la equidad en el uso de recursos en relación al uso medio mundial, es decir, cuánto debe ser la reducción media per cápita en las emisiones de  $CO_2$  para equipararse a la media per cápita mundial, a esta técnica la denominó *Environmental Space*.<sup>13</sup>

12

Los problemas de “corto plazo” relacionados con el “exceso de capacidad productiva” pasaron a dominar la macroeconomía, y la cuestión de si la disponibilidad de recursos acabaría con el crecimiento económico no estuvo a la orden del día...<sup>14</sup>

Las herramientas económicas utilizadas para medir la sostenibilidad ambiental giran en torno a la construcción de índices y a la contabilidad nacional. Por ejemplo, el *índice de sostenibilidad ambiental* es una iniciativa del Global Leaders for Tomorrow Environmental Task Force del foro económico mundial, el cual mide el estado de los sistemas medioambientales de cada país, el éxito obtenido en la tarea de reducir los principales problemas en los sistemas ambientales, los progresos en la protección de sus ciudadanos por eventuales daños medioambientales, la capacidad social e institucional que cada nación tenga para tomar acciones relativas al medioambiente y el nivel de administración que posea cada país.

La contabilidad nacional propone el cálculo del *producto interno bruto ecológico* como indicador para medir el impacto del daño a la ecología en el PIB tradicional mediante una valoración de los costos por el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, elementos que por sus características no se intercambian en el mercado. Cuando los recursos naturales crecen más que su uso o depreciación, la diferencia se agrega a las cuentas nacionales. Por el contrario, todo uso de recursos no repuestos o incrementos en las tasas de polución, cuentan como descuento en dichas cuentas.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Tomado de Foladori, Guillermo, “Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales”, *Ambiente y sociedad*, año II, no. 5, segundo semestre de 1999.

<sup>14</sup> Martínez Alier, J.; Schlüpmann, K., *La ecología y la economía*, Fondo de Cultura Económica, Textos de economía, México, 1991.

<sup>15</sup> Foladori Guillermo, *Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales*, *Ambiente y Sociedad*, año II, no. 5, segundo semestre de 1999.



Desde el surgimiento formal del concepto en 1987, se han desarrollado distintas metodologías para medirlo, los primeros intentos tienen sus orígenes en la década de los ochenta en Canadá y algunos países de Europa. En la cumbre de Río de Janeiro en 1992, se establece la necesidad de contar con información ambiental e indicadores de desarrollo sostenible para monitorear el avance de éste. En 1995, la Comisión de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, creó un trabajo que tenía por objetivo la elaboración de indicadores sobre este tema. Este trabajo dio lugar a la publicación, en 1996, del “libro Azul”, en el que se presentó un marco metodológico, la definición y el significado de indicadores de desarrollo sostenible en cuatro niveles económicos, sociales, ambientales e institucionales. Estos indicadores siguen el esquema elaborado por la OCDE y conocido como “modelo Estado-Presión-Respuesta”, el cual, considera que las actividades humanas ejercen presión sobre el ambiente y los recursos naturales, afectando su calidad y cantidad respectivamente (Estado); la sociedad responde a éstos cambios a través de políticas ambientales sectoriales y económicas generales y a través cambios en su comportamiento y conciencia hacia el medio ambiente (Respuesta de la sociedad).

Tanto los indicadores como el enfoque utilizado en cada caso son distintos, lo que se hace evidente por la connotación multidisciplinar del concepto. Así, cada disciplina intentará medir la sostenibilidad desde los alcances de su propia materia. El enfoque ecologista, que proviene de las ciencias biológicas, físicas o químicas, intenta medir la sostenibilidad, basado en el concepto de capacidad de carga, que se refiere al tamaño máximo de la población de una determinada especie y que un área puede soportar, sin reducir su habilidad para mantener la misma especie en cantidad y calidad (tasa de consumo, mortalidad, reproducción, etc.) en el futuro. El enfoque social, pugna por la incorporación de variables que expliquen las relaciones sociales y que haga una distinción entre clases, tales como la pobreza o el desempleo.

La economía por su parte, valoriza monetariamente los elementos sin precio de la naturaleza, ya sea por agotamiento o degradación (Foladori, 1999). En el caso de la llamada economía ecológica, lo que se pretende es incorporar criterios ecológicos y de la termodinámica al análisis económico.

#### **4. Conversión del Producto Interno Bruto al Producto Interno Bruto Ecológico**

El Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México se sustenta en los lineamientos del Sistema de Cuentas Nacionales de 1993 publicado por la ONU. En su capítulo XXI incluye las cuentas y análisis satélite que contiene la metodología para el cálculo de indicadores ecológicos. Mediante un procedimiento similar al cálculo del PIB en la contabilidad tradicional, sólo que restándole el costo por agotamiento y degradación:

$$PIBE = PIB - (Cag + Cdg)$$

Donde:

Cag = Costo por agotamiento de los recursos naturales

Cdg = Costo por degradación del medio ambiente

La suma de  $(Cag + Cdg) =$  Costos totales por agotamiento y degradación del medio ambiente.

Los costos por agotamiento se refieren al desgaste o pérdida de los recursos naturales, los costos por degradación son las estimaciones monetarias que se requieren para restituir al medio ambiente las pérdidas de sus condiciones naturales ocasionadas por el proceso productivo, en este rubro se considera la contaminación atmosférica de la que se encarga la presente investigación a través del producto interno bruto ecológico referido al aire, al cual se le denominará con las siglas: PIBEREA.

14

### ***Valorización del agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental***

Existen diversos métodos para valorizar los recursos naturales agotados y la degradación ambiental generada derivada de los diferentes procesos, dentro de la contabilidad nacional, el INEGI utiliza el siguiente método, en el cual se basará el cálculo del PIBEREA de la ZMVM.

*Método del costo de mantenimiento* o también conocido como costo de restauración, toma en cuenta los costos en que se incurriría si se deseara evitar el deterioro o restablecer las cualidades del recurso de acuerdo con los estándares. Se utiliza para valorar la degradación del aire, el agua y la erosión del suelo. Son costos hipotéticos que no tienen por qué haberse asumido en la realidad.<sup>16</sup>

### ***Antecedentes del cálculo del producto interno bruto ecológico de la Zona Metropolitana del Valle de México***

El cálculo del producto interno bruto, lo realiza de manera oficial el INEGI, a través del SCEEM, dicho cálculo se realiza a nivel nacional. La última publicación refiere que para el año 2008, el PIBE representa el 92.1% del PIB. Lo constituyen los costos por agotamiento de los recursos naturales y por degradación del medio ambiente. (Cuadro 1)

<sup>16</sup> *Idem.*

**Cuadro 1**  
**Producto Interno Bruto y Producto Interno Bruto Ecológico, 2003-2008**  
**(en miles de precios corrientes)**

	<i>PIB</i>	<i>PIBE</i>	<i>PIBE/PIB</i>
2003	7,555,803,383	6,839,979,443	90.5%
2004	8,561,305,468	7,804,746,259	91.2%
2005	9,220,649,024	8,521,411,066	92.4%
2006	10,344,064,612	9,479,089,642	91.6%
2007	11,290,499,589	10,315,460,013	91.4%
2008	12,151,321,645	11,190,808,243	92.1%

Fuente: INEGI, SCEEM 2003-2008.

El PIBE incluye la valoración de la existencia de bosques, las reservas totales de hidrocarburos, la sobreexplotación del agua, las emisiones primarias de contaminación del aire, la contaminación del suelo por residuos sólidos municipales, la contaminación del agua, las descargas de agua residual y la degradación del suelo por superficie afectada.

A pesar de que este cálculo representa un esfuerzo en la elaboración de estadísticas del medio ambiente en el ámbito de la contabilidad nacional, se hace necesario contar con información a un nivel de desagregación mayor.

### **5. Cálculo del Producto Interno Bruto Ecológico referido al Aire (PIBEREA) para la ZMVM**

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), establecida como zona de estudio para el cálculo del producto interno bruto ecológico referido al aire (PIBEREA) 2003-2008, comprende las 16 delegaciones que conforman al Distrito Federal y a 59 municipios del Estado de México; esta área geográfica fue delimitada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en su publicación ‘Delimitación de las zonas metropolitanas de México, 2005’.

Luis Unikel, definió el concepto de “zona metropolitana” como: “... la extensión territorial que incluye a la unidad político-administrativa que contiene la ciudad central, y las unidades político-administrativas contiguas a ésta que tienen características urbanas, tales como sitios de trabajo o lugares de residencia de trabajadores dedicados a actividades no agrícolas y que mantienen una interrelación socioeconómica directa, constante e intensa con la ciudad central, y viceversa”.<sup>17</sup>

#### ***Contaminación del aire en la ZMVM: fuentes y emisiones***

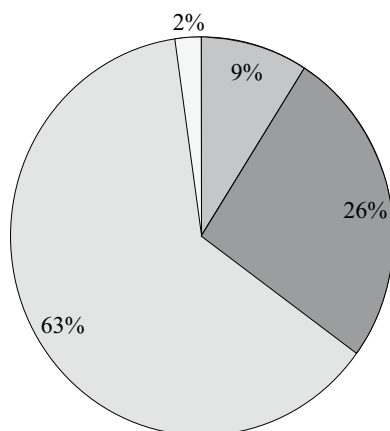
Los contaminantes atmosféricos son gases emitidos al aire por cuatro diferentes fuentes: puntuales que se refiere a la industria, móviles que abarca todo el transporte, fuentes de área

<sup>17</sup> Citado en Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005, CONAPO.

que son los pequeños negocios y los hogares, y los que se emiten de manera natural a través de la vegetación y los suelos.

Con el fin de medir la calidad del aire y contribuir al bienestar de la población, se han identificado ciertos contaminantes nocivos para la salud de los seres humanos; a estos contaminantes se les ha denominado contaminantes criterio, de los cuáles se ocupa la presente investigación, y son: el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el amoníaco (NH<sub>3</sub>), los compuestos orgánicos totales y volátiles (COT-COV), y las partículas suspendidas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>). La mayor parte de estos gases son emitidos por las fuentes móviles según reportes de la Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal.

**Gráfica 1**  
**Proporción de emisiones por fuente, ZMVM, 2008**



■ Fuentes puntuales ■ Fuentes de área □ Fuentes móviles □ Vegetación y suelos

Fuente: Elaboración propia con datos de la SMA del DF.

Para el cálculo del PIBEREA se utilizó el método del costo de mantenimiento descrito anteriormente, para lo cual fue necesario estimar el PIB de la ZMVM a partir de la información del valor agregado capturado por los censos económicos. Los costos por degradación ambiental referidos al aire, fueron calculados a partir de las emisiones de contaminantes generados en la zona. A continuación se detalla cada uno de los cálculos necesarios para llegar al PIBEREA.

### ***Valorización de las unidades físicas de las emisiones atmosféricas***

Los datos de contaminantes atmosféricos en unidades físicas (ton/año) se tomaron de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM de los años 2000, 2002, 2004, 2006 y 2008 publicados por EL Sistema de Medio Ambiente (SMA) del Distrito Federal. Sólo se utilizarán las emisiones de fuentes puntuales o fijas, móviles y de área.

Los cálculos generados por los inventarios son bianuales, por lo que fue necesario estimar las toneladas por gases y fuentes emitidas para los años 2001, 2003, 2005 y 2007, utilizando un método de desagregación de series.

Se pueden distinguir dos grandes metodologías para la desagregación de series, los métodos matemáticos y los métodos estadísticos. Los métodos estadísticos se aplican cuando existe evidencia teórica y estadística de que una serie de baja frecuencia está relacionada con otra serie de mayor frecuencia, mientras que los métodos matemáticos o univariantes utilizan solo la información contenida en la serie. En este caso se utilizó un método matemático para completar la serie de gases emitidos por fuente.

Para la conversión de las emisiones de contaminantes de unidades físicas (ton/año) a unidades monetarias, se utilizó el método propuesto por la Dirección de Cuentas Satélite del INEGI, el cual valoriza las unidades físicas de contaminación a partir de las tecnologías propuestas en el ‘Programa para mejorar la calidad del aire PROAIRE de la ZMVM’. Para el cálculo del PIBERA, se utilizó la publicación para los años 2002-2010.

El documento expone la aplicación de tecnologías dirigidas al transporte, la industria, los pequeños negocios y hogares con el propósito de disminuir las emisiones de contaminantes y mejorar la calidad del aire. Las medidas escogidas para valorizar las emisiones de contaminantes para realizar el cálculo del PIBERA, se enumeran en el cuadro 2, con ellas, se calcula el costo en pesos por tonelada de emisión.

Es necesario resaltar que el PROAIRE 2002-2010 se publicó en el año 2001, y los costos por tecnología corresponden a los precios de ese año. Para calcular los costos unitarios por reducción de emisión de manera anual se utilizó el índice de precios implícito a partir del año 2001 y su variación hasta el año 2008 y así cubrir el horizonte requerido en el cálculo del PIBERA 2003-2008.

Los costos anuales unitarios obtenidos corresponden a la reducción de uno o más gases, por ejemplo, para el año 2003 el costo total del proyecto ‘Control de emisiones contaminantes en el sector industrial’ permite reducir 95 toneladas de óxidos de nitrógeno (NOx), 1532 toneladas de monóxido de carbono (CO) y 5,953 toneladas de partículas suspendidas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ). Este costo total del proyecto es de \$10, 666,666 dólares y divide entre el total de las toneladas que se espera se reduzcan con la implementación del proyecto. Así, el costo por tonelada es de \$1,407 dólares, que utilizando el tipo de cambio de \$10 pesos por dólar recomendado por PROAIRE para el año 2001, el costo por tonelada es de \$14,407 pesos. Aplicando la variación de índice de precios implícitos, este costo para el año 2003 es de \$16, 564. Tomando en cuenta que el costo total del proyecto, reduce 3 gases diferentes, el costo unitario peso-tonelada obtenido se divide entre estos. De los \$16,564, \$208 pesos corresponde a la reducción de una tonelada de óxido de nitrógeno (NOx), \$3,348 pesos a una tonelada de monóxido de carbono (CO) y \$13,009 pesos a una tonelada de partículas suspendidas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ). Este proceso, se aplica para cada proyecto y para cada año, al final los costos se promedian. (Ver resultados en los cuadros 3, 4 y 5)

**Cuadro 2**  
**Medidas para la reducción de emisiones en la ZMVM, proaire 2002-2010**

Proyecto	Tecnología	Costo de aplicación del proyecto (dólares)	Impacto esperado en reducción de emisiones				
			NOx	HC	SO <sub>2</sub>	CO	Partículas
<i>INDUSTRIA (Fuentes puntuales)</i>							
Instalación de Termoeléctrica Valle de México de quemadores con baja emisión de NOx: Unidad 4 en 1996 y Unidades 1, 2, y 3 en 1997. Sustitución de la capacidad de la termoeléctrica Jorge Luque con unidades de generación que cumplan con la normatividad ambiental que entrará en vigor en 1998.	Quemadores de bajo Nox aplicando la reducción catalítica con recirculación de gases.	33,333,333	6,600				
Control de emisiones contaminantes en el sector industrial.	Filtros de tela para el caso de PM10, filtros de carbón activado para el caso de HC y quemadores de bajo NOx	10,666,667	95		1,532	5,953	
Programa de autorregulación industrial acoplado al Plan de Contingencias para alcanzar reducciones de emisiones mayores a las normas obligatorias.	Reducción catalítica, incineración catalítica y recuperación de vapores	500,000	6,600	6,890	270	420	
<i>VEHÍCULOS Y TRANSPORTE (Fuentes móviles)</i>							
Desarrollo de un sistema de transporte público de alta calidad con autobuses ejecutivos destinado a los usuarios del auto privado en rutas adecuadas.	Kit de conversión de vehículos de gasolina a gas natural.	160,000,000	555,881	13,341	105,617	0	435,255
Reforzamiento de la normatividad sobre verificación de emisiones evaporativas para vehículos en circulación.	Afinación mayor, instalación de RETOFIT (Módulo, sensor, arnes y válvula) el costo del convertidor catalítico.	7,600,000			6,801		
<i>SERVICIOS Y HOGARES (Fuentes de área)</i>							
Sistema normativo y de reconversión tecnológica para distribución y uso comercial y doméstico de gas licuado de petróleo.	Tanques estacionarios y cilindros de gas.		1,000,000				96

Fuente: Elaboración propia con datos de Proaire 2002-2010.

**Cuadro 3****Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes puntuales para la ZMVM**

<i>Año</i>	<i>PST</i>	<i>PST</i>	<i>CO</i>	<i>NOx</i>	<i>HC</i>
2003	3,258	3,258	841	15,010	101
2004	3,528	3,528	910	16,251	109
2005	3,645	3,645	941	16,793	113
2006	3,826	3,826	987	17,627	118
2007	4,006	4,006	1,034	18,457	124
2008	3,235	3,235	835	14,903	100

Estimaciones con datos de PROAIRE 2002-2010.

**Cuadro 4****Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes móviles para la ZMVM**

<i>Año</i>	<i>PST</i>	<i>PST</i>	<i>SO2</i>	<i>NOx</i>	<i>HC</i>
2003	108,574	108,574	340,369	138,664	3,328
2004	117,550	117,550	315,225	150,127	3,603
2005	121,470	121,470	301,989	155,134	3,723
2006	124,500	124,500	307,250	162,835	3,908
2007	133,503	133,503	307,267	170,502	4,092
2008	53,898	53,898	237,530	68,835	1,652

Estimaciones con datos de PROAIRE 2002-2010.

**Cuadro 5****Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes de área para la ZMVM**

<i>Año</i>	<i>HC</i>
2003	49,213
2004	53,281
2005	55,058
2006	57,791
2007	60,512
2008	48,860

Estimaciones con datos de PROAIRE 2002-2010.

Los costos obtenidos se multiplicaron por las toneladas de emisiones emitidas por fuente y por área (cuadro 6) para los años 2003 a 2008, en cada año se promedió el total de los costos, para obtener un único costo, el cual representará el *costo por degradación del aire* ( $Cdg_{aire}$ ) para ese año.

**Cuadro 6**  
**Costos por degradación del aire, 2003-2008 (pesos corrientes)**

2003	58,642,700
2004	64,474,093
2005	69,564,346
2006	76,154,238
2007	80,525,990
2008	53,993,857

Estimaciones con datos de los inventarios de emisiones criterio para los años 2000-2008, PROAIRE 2002-2010, usando la metodología propuesta por la dirección de cuentas satélite del INEGI.

### *Estimación del PIB de la ZMVM*

20 Para realizar una aproximación del PIB de la ZMVM, se utilizó el valor agregado generado por municipio, obtenido de los censos económicos 1999, 2004 y 2009. Bajo el supuesto de que la estructura de participación en la generación de valor agregado por parte de los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM, según la delimitación oficial, se comporta de manera similar en la generación del PIB en el estado.

Una vez recopilada la información del valor agregado censal, éste se proyectó con la tasa de crecimiento intercensal para aproximar los valores en los años con los que no se cuenta con datos históricos, y de ésta forma completar el horizonte requerido para el cálculo del PIBEREA 2003-2008. Posteriormente se calcularon las participaciones de cada uno de los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM de forma anual (conviene resaltar que esta participación fue en promedio del 75%) y trabajando bajo el supuesto mencionado en el párrafo anterior, se estimó la proporción del PIB del Estado de México que pertenece a la ZMVM para sumárselo al PIB del Distrito Federal y así obtener el PIB de la ZMVM (ver cuadro 7).

**Cuadro 7**  
**PIB de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2003-2008**

	<i>PIB a precios constantes 2003</i>			<i>PIB a precios corrientes</i>		
	<i>PIB Distrito Federal</i>	<i>PIB de los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM</i>	<i>PIB de la ZMVM</i>	<i>PIB Distrito Federal</i>	<i>PIB de los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM</i>	<i>PIB de la ZMVM</i>
2003	1,325,151,578	452,347,527	1,777,499,105	1,325,151,578	457,913,612	1,783,065,190
2004	1,368,286,880	470,758,525	1,839,045,405	1,500,899,253	496,422,363	1,997,321,616
2005	1,404,695,021	494,020,106	1,898,715,127	1,588,130,518	542,766,219	2,130,896,737
2006	1,472,402,931	522,331,590	1,994,734,521	1,747,885,579	601,906,195	2,349,791,774
2007	1,517,957,083	544,711,123	2,062,668,206	1,884,792,799	659,425,863	2,544,218,662
2008	1,527,569,994	557,789,901	2,085,359,895	2,005,187,159	71,704,332	2,076,891,491

Estimación con datos de los censos económicos 1999, 2004 y 2009, y del Sistema de Cuentas Nacionales de México, PIB por entidad federativa 2001-2006 y 2003-2008.



**Conversión del PIB de la ZMVM al PIBEREA de la ZMVM**

La metodología que utiliza en México el INEGI en su SCEEM, en el que se incorporan los recursos naturales a la medición macroeconómica, se basa en los principios metodológicos del sistema de cuentas nacionales (SCN, 1993) de Naciones Unidas. Mediante el mismo procedimiento de cálculo del PIB tradicional (método de producción y del gasto o la demanda final) es posible determinar el PIBEREA.

El cálculo del PIBEREA 2003-2008, se realizó por el método de producción, al PIB de la ZMVM se le restaron los  $Cdg_{aire}$ :

$$PIBEREA = PIBZMVM - (Cdg_{aire})$$

En este ejercicio se utilizó el PIB estimado de ZMVM en precios corrientes, ya que los costos por degradación del aire están en precios corrientes.

Las cifras en precios corrientes, al estar influidas por el cambio en los precios, no permiten analizar las tendencias en la cuantía real de los costos ambientales; es por eso que el análisis se hace mediante la relación entre dichos costos y el PIB. A partir de los resultados, se puede observar que la relación entre el costo por degradación de aire y el PIB de la zona permanece constante en el periodo de estudio e incluso para el último año, esta relación disminuyó en 0.6% respecto al año anterior (ver cuadro 8).

Para el año 2003 los costos por degradación del aire en la zona metropolitana representaban un 3.29% del PIB, es decir, si se invirtiera esta cantidad en tecnología que controle las emisiones atmosféricas, se dejaría de contaminar, ya que ese 3.29% incluye la emisión total de gases. Para los años 2004 a 2007, el porcentaje oscila entre 3.23% y 3.17%, sin embargo, para el año 2008, la proporción disminuyó a 2.60%.

**Cuadro 8****Costos por contaminación del aire respecto al PIB de la ZMVM, 2003-2008**

<i>Año</i>	<i>PIBEREA ZMVM (precios corrientes)</i>	<i>% costos por degradación respecto al PIB de la ZMVM</i>
2003	1,724,422,490	3.29
2004	1,932,847,523	3.23
2005	2,061,332,391	3.26
2006	2,273,637,536	3.24
2007	2,463,692,672	3.17
2008	2,022,897,635	2.60

Estimaciones propias.

Esta tendencia de disminución se observa también a nivel nacional en el cálculo que realiza el INEGI en su SCEEM, donde los costos totales por agotamiento y degradación ambiental

(CTADA) en la relación que guardan con el PIB disminuyen en más de un punto porcentual del primero al último año del cálculo (ver cuadro 9).

Este comportamiento de las emisiones puede atribuirse a la mejora en la tecnología que permite una disminución importante de las mismas, ya que variables relacionadas como el consumo de combustible, el consumo de energía, la adquisición de nuevos autos, etc., han aumentado considerablemente. A nivel nacional, el aumento en energía per cápita puede observarse en la gráfica 2.

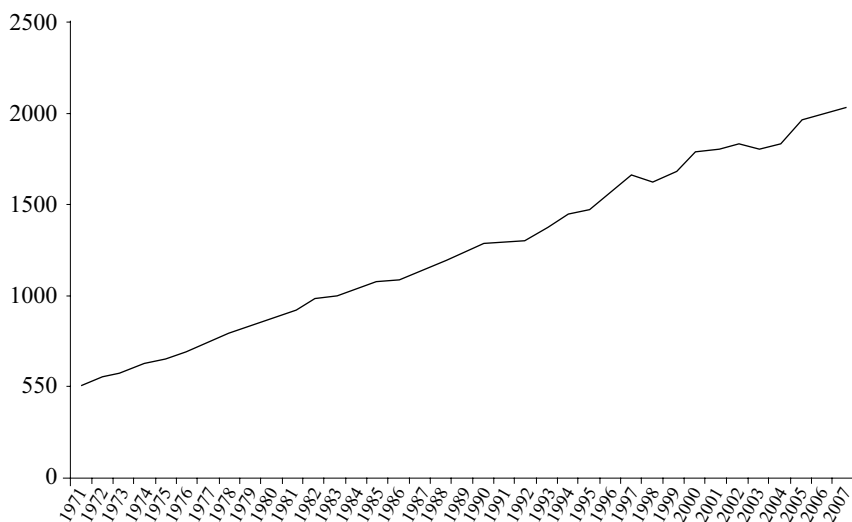
**Cuadro 9**  
**Proporción entre el PIB y el PIBE para MÉXICO, 2003-2008**

<i>Año</i>	<i>CTADA/PIB</i>	<i>PIBE/PIB</i>
2003	9.50%	90.50%
2004	8.80%	91.20%
2005	7.60%	92.40%
2006	8.40%	91.60%
2007	8.60%	91.40%
2008	7.90%	92.10%

CTADA: Costos totales por agotamiento y degradación del aire

Fuente: SCEEM, 2003-2208.

**Gráfica 2**  
**Consumo de energía eléctrica**  
**(kWh per cápita)**



Fuente: Banco Mundial, indicadores del desarrollo.

## Conclusiones

Las conclusiones que se desprenden de la presente investigación resultan importantes para entender el vínculo de la economía con el medio ambiente, a través del concepto de desarrollo sostenible.

El concepto de desarrollo sostenible surge en la década de los setenta debido a los marcados problemas ambientales presentados durante ese periodo, lo que condujo a cuestionarse, si el desarrollo que se manifestaba un par de décadas atrás, tenía las mismas implicaciones en los tres pilares sobre los que descansa el desarrollo sostenible, económico, social y ecológico.

La literatura sobre el desarrollo sostenible se ha basado en diferentes enfoques, por tanto se ha hecho necesario delimitar su campo de acción y arribar a un consenso en su definición con el fin de determinar su alcance en los tres pilares mencionados.

En 1987 se creó una Comisión por la Organización de las Naciones Unidas para investigar acerca de los tres pilares en que se debía sustentar el desarrollo sostenible o sustentable, dicha Comisión emitió el Informe Brundtland también conocido como “Nuestro Futuro Común” resultado de la investigación que define este concepto, aceptado por la comunidad internacional en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en el año 1992.

El producto interno bruto ecológico referido a la contaminación del aire (PIBEREA) para la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), vincula la parte económica y ambiental del desarrollo sostenible, considerándose dos aspectos esenciales para dicho territorio debido a que unido al aspecto económico del desarrollo, se tiene en cuenta uno de los recursos del medio ambiente de mayor relevancia del país y el de mayor peso en la degradación ambiental como lo es el aire.

La estimación de los costos por la contaminación del aire en los que se incurriría para evitar o restablecer el deterioro ocasionado al medio ambiente en esta región que es la más poblada del país, se registran a partir del costo de oportunidad que representa no mitigar el daño infringido por los diferentes gases emitidos tanto por fuentes móviles como fijas.

Para el cálculo del PIBEREA se utilizó el método del costo de mantenimiento descrito anteriormente, para lo cual fue necesario estimar el PIB de la ZMVM a partir de la información del valor agregado capturado por los censos económicos. Los costos por degradación ambiental referidos al aire, fueron calculados a partir de las emisiones de contaminantes generados en la zona.

Para el año 2003 el PIBEREA alcanzó un 3.29% del PIB, es decir, si se invirtiera esta cantidad en tecnología que controle las emisiones atmosféricas, se dejaría de contaminar, ya que ese 3.29% incluye la emisión total de gases. Para los años 2004 a 2007, el porcentaje oscila entre 3.23% y 3.17%. Para el año 2008, la proporción disminuyó a 2.60%.

En el trabajo se destaca la importancia que representa la elaboración de estadísticas ambientales aplicadas a nivel regional. Por lo que constituye un instrumento muy útil para

apoyar la proyección de políticas en este campo de relevante importancia para la sociedad. Puede afirmarse, que en el ámbito latinoamericano es una de las primeras experiencias en la implementación de cuentas ecológicas regionales.

Los principales resultados del cálculo muestran que el costo por reducir las emisiones de contaminantes en la ZMVM van de un 3.9% del PIB en el año 2003 a un 2.6% del PIB en el año 2008. Estos costos se refieren a la totalidad de las emisiones, por lo que existe un margen entre el costo que se requiere para reducir la totalidad de las emisiones y el costo para reducir sólo las unidades necesarias para tener un aire limpio.

El desarrollo sostenible es un concepto muy complejo, y respecto a su medición no bastan los esfuerzos parciales, debe buscarse una estrategia multidisciplinaria para encontrar el instrumento idóneo que refleje avances reales en esta materia. La propia ONU reconoce que son trabajos en curso y que es necesario continuar investigando sobre el tema.

24

## Referencias

- Almagro, Francisco, Rosa María Rodríguez Skewes y Raúl Figueroa, 2006, "Estudio académico sobre el producto interno bruto ecológico de la zona metropolitana del Valle de México 1998-2002", *Boletín de los Sistemas Nacionales Estadísticos y de la Información Geográfica*, vol. 2, núm. 3, septiembre-diciembre.
- Almagro Francisco, 2009, *Cuentas Ecológicas y Desarrollo Sustentable. La Experiencia de México*. Editorial IPN México.
- Braze, Richard J. y Cloutier, L. Martin, 2006, "Reconciling Gray and Hotelling. Lessons from early exhaustible resource economics", *The American Journal of Economics and Sociology*, vol. 65, núm. 3, June, pp. 827-856.
- Coase, R. (1960), "The Problem of Social cost", *The Journal of Law and Economics*, III, October. (Traducción en español de la revista Hacienda Pública Española, núm. 68, 1981).
- De Serpa, Allan C., 1993, "Pigou and Coase in retrospect", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 17 (1), marzo, pp. 27-50.
- Foladori, Guillermo, "Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales", *Ambiente y Sociedad*, año II, núm. 5, segundo semestre de 1999.
- Foster, John B., 1994, *La ecología de Marx*, España, Ediciones de intervención cultural/el viejo topo, 1994.
- Georgescu-Roegen, Nicholas, 1991, *La ley de la Entropía y el problema económico*, FCE, México.
- Hotelling H. (1931), "The economics of exhaustible resources", *The Journal of Political Economy*, vol. 39, nol. 2. (traducido por el CEURA en los cuadernos de Economía aplicada serie B, núm. 3, 1987).
- INEGI, Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2003-2008.
- Malthus, Thomas, 1798, "An essay on the principle of population", London, printed for J. Johnson, in Sat. Paul's Church- Yard. Publicación disponible en Electronic Scholarly Publishing Proyect, 1998, <<http://www.esp.org>>.
- Martínez Alier, J. (ed). (1995): *Los principios de la Economía Ecológica*. Madrid. Fundación Argentario-Visor distribuciones.
- Martínez Alier, J.; Schlüpmann, K., 1991, *La ecología y la economía*, FCE, Textos de economía, México.
- Meadows, Dennis, et.al., 1975, *Los límites al crecimiento*. (Trad. De Victor Urquidi), Club de Roma, México, FCE.
- Stiglitz (1974) en "Growth with exhaustible resources: efficient and optimal growth paths", *Review of Economic Studies*. Symposium on the Economics of Exhaustible Resources, vol. 41.