



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**ESCUELA SUPERIOR DE ECONOMÍA**

**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**PRODUCTO INTERNO BRUTO ECOLÓGICO  
REFERIDO AL AIRE, UNA HERRAMIENTA  
PARA MEDIR LA SOSTENIBILIDAD  
AMBIENTAL DE LA ZMVM (2003-2008)**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS ECONÓMICAS  
(DESARROLLO ECONÓMICO)**

**PRESENTA:**

**ALEJANDRA VALVERDE REYES**



**MÉXICO D. F.,**

**JUNIO DE 2011.**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D.F., siendo las 9:00 horas del día 26 del mes de mayo del año 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la SEPI ESE-IPN para examinar la tesis titulada: Producto interno bruto ecológico referido al aire, una herramienta para medir la sostenibilidad ambiental de la ZMVM (2003-2008).

Presentada por el alumno:

**Valverde**  
Apellido paterno

**Reyes**  
Apellido materno

**Alejandra**  
Nombre(s)

Con registro: 

A	0	9	0	0	4	2
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

Maestría en Ciencias Económicas.

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dr. Francisco Almagro Vázquez  
(Director de tesis)

M.en C. José Ramos Poutou  
(Director de tesis)

Dr. Gerardo Angeles Castro

M.en C. Mario Alejandro Durán Saldivar



M.en C. Héctor Allier Campuzano

S.E.P.  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
E.S.E.  
SECCION DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACION

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Gerardo Angeles Castro

\*gmf.



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## CARTA CESION DE DERECHOS

En México D. F., siendo las 9:00 horas del día viernes 26 del mes de mayo del año 2011, el (la) que suscribe ALEJANDRA VALVERDE REYES alumno (a) del Programa de Maestría en Ciencias Económicas con número de registro A090042 adscrito a la SEPI ESE-IPN, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección del Dr. Francisco Almagro Vázquez y del M.en C. José Ramos Poutou y cede los derechos del trabajo intitulado Producto interno bruto ecológico referido al aire, una herramienta para medir la sostenibilidad ambiental de la ZMVM (2003-2008), al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección Calle 42-A # 107. Colonia santa Rosa. Delegación G.A.M. México D.F. (C.P. 07620) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

M.EN C. © ALEJANDRA VALVERDE REYES

Nombre y firma

❖ gmf.

## ÍNDICE

	Pág.
RELACIÓN DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	III
GLOSARIO	V
ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICAS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I. Desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental	1
1.1 Pensamiento económico y recursos naturales	1
1.2 Surgimiento del paradigma: desarrollo sostenible	5
1.3 Definición de desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental	8
1.4 Semántica de los términos sustentable o sostenible	11
CAPÍTULO II. Aproximación a la sostenibilidad ambiental: herramientas e indicadores	13
2.1 Medición del desarrollo sostenible	13
2.2 Principales herramientas e indicadores del desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental	16
2.3 La contabilidad nacional y el medio ambiente: producto interno bruto ecológico	28
2.3.1 Conversión del PIB al PIBE	30
2.3.2 Valorización del agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental	32
2.3.3 Antecedentes del cálculo del PIBE en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)	34

CAPÍTULO III. Producto interno bruto ecológico referido a la contaminación del aire (PEBEREA) en la ZMVM	37
3.1 Aspectos generales de la ZMVM	37
3.2 Contaminación del aire en la ZMVM: fuentes y emisiones	39
3.3 Cálculo del PIBEREA en la ZMVM 2003-2008	42
3.4 Análisis de los resultados	50
Conclusiones	54
Bibliografía	56
Anexo I	61

## RELACIÓN DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

*AG<sub>kanpt</sub>*. Agotamiento de los activos ambientales no remunerados.

*AG<sub>kenpt</sub>*. Agotamiento de los activos económicos no producidos.

*A<sub>bet</sub>*. Activos económicos producidos y no producidos.

*A<sub>kanpt</sub>*. Activos ambientales no producidos.

**BM**. Banco mundial.

**Cag**. Costos por agotamiento de los recursos naturales.

**Cdg**. Costos por degradación del medio ambiente.

*Cdg<sub>aire</sub>*. Costos por degradación del aire.

**CEPAL**. Comisión económica para América Latina y el Caribe.

**CF**. Costo fijo.

**CMMAD**. Comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo.

**CNUMAD**. Conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo.

*CO*. Monóxido de carbono.

**CONAPO**. Consejo nacional de población.

*COT*. Compuestos orgánicos totales.

*COV*. Compuestos orgánicos volátiles.

*CO<sub>2</sub>*. Dióxido de carbono.

*DG<sub>kanpt</sub>*. Degradación.

*I<sub>bt</sub>*. Inversión bruta.

*I<sub>kanpt</sub>*. Activos ambientales no producidos.

*I<sub>kenpt</sub>*. Activos económicos no producidos.

**FBK**. Formación bruta de capital.

**IBES**. Índice de bienestar económico sostenible.

**ICI**. Índice de competitividad internacional.

**IDS**. Índices de desarrollo sostenible.

**INEGI**. Instituto nacional de estadística y geografía.

**ISA**. Índice de sostenibilidad ambiental.

**M**. Importaciones.

**MGM.** Marco geoestadístico municipal.

**MIT.** Por sus siglas en inglés, instituto tecnológico de Massachusetts.

**$NH_3$ .** Amoníaco.

**$NO_x$ .** Óxidos de nitrógeno.

**OCDE.** Organización para la cooperación y el desarrollo económico.

**PIB.** Producto interno bruto.

**PIBE.** Producto interno bruto ecológico.

**PIBEREA.** Producto interno bruto ecológico referido al aire.

**$PM_{10}$ .** Partículas suspendidas de 10 micrómetros.

**$PM_{2.5}$ .** Partículas suspendidas de 2.5 micrómetros.

**PNUMA.** Programa de naciones unidas para el medio ambiente.

**PROAIRE.** Programa para mejorar la calidad del aire.

**SCEEM.** Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México.

**SCN.** Sistema de cuentas nacionales.

**SEDECO.** Secretaría de desarrollo económico del Distrito Federal.

**SIEM.** Sistema empresarial mexicano.

**SMA.** Secretaría del medio ambiente del Distrito Federal.

**$SO_2$ .** Dióxido de azufre.

**X.** Exportaciones.

**ZMVM.** Zona metropolitana del valle de México.

## GLOSARIO

**Activos económicos.-** Se considera activo aquellos bienes que tienen una alta probabilidad de generar un beneficio económico a futuro y se pueda gozar de los beneficios económicos que el bien otorgue.

**Costo de oportunidad.-** Designa el costo de la inversión de los recursos disponibles, en una oportunidad económica, a costa de las inversiones alternativas disponibles, o también el valor de la mejor opción no realizada. El término fue acuñado por Friedrich von Wieser en su Teoría de la Economía Social 1914.

**Degradación ambiental.-** Conjunto de procesos que deterioran o impiden la utilización de un determinado recurso (el agua, el suelo fértil, el paisaje) por parte de la Humanidad. De esta forma los procesos de degradación ambiental son entendidos como procesos socio-económicos en tanto que imposibilitan la adecuada utilización de un recurso determinado.

**Ecología.-** Es la ciencia que estudia a los seres vivos, su ambiente, la distribución, abundancia y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su ambiente

**Emisiones atmosféricas.-** Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana.

**Externalidades.-** Actividades que afectan a otros para mejor o para peor, sin que éstos paguen por ellas o sean compensados. Existen externalidades cuando los costos o los beneficios privados no son iguales a los costos o los beneficios sociales.

**Fallos de mercado.-** Es el término usado para describir la situación que se produce cuando el suministro que hace un mercado de un bien o servicio no es eficiente, bien porque el mercado suministre más cantidad de lo que sería eficiente o también se puede producir el fallo porque el equilibrio del mercado proporcione menos cantidad de un determinado bien de lo que sería eficiente.

**Inversión bruta.-** Cantidad total de inversión, que incluye la que va a reemplazar al capital agotado.

**Producto interno bruto.-** Es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado.

**Rendimientos constantes a escala.-** Cuando variando en una proporción determinada la cantidad de factores utilizada, la cantidad producida varía en la misma proporción.

**Valor agregado bruto.-** Es el valor adicional que adquieren los bienes y servicios al ser transformados durante el proceso productivo. El valor agregado o producto interno bruto es el valor creado durante el proceso productivo. Es una medida libre de duplicaciones y se obtiene deduciendo de la producción bruta el valor de los bienes y servicios utilizados como insumos intermedios. También puede calcularse por la suma de los pagos a los factores de la producción, es decir la remuneración de asalariados, el consumo de capital fijo, el excedente de operación y los impuestos a la producción netos de los subsidios correspondientes.

## ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICAS

	Pág.
<b>CUADROS</b>	
Cuadro 1. Taxonomía de principales indicadores ambientales y desarrollo sostenible.	17
Cuadro 2. Producto interno bruto y producto interno bruto ecológico, 2003-2008 (en miles de pesos corrientes).	34
Cuadro 3. PIB y PIBE de la ZMVM, 1998-2002.	35
Cuadro 4. Peso de los costos por contaminación del aire de la ZMVM, 1998-2002.	36
Cuadro 5. Delegaciones y municipios pertenecientes a la ZMVM.	38
Cuadro 6. Emisiones por fuente ZMVM, 2008 (toneladas).	41
Cuadro 7. Evolución de la emisión de contaminantes en la ZMVM, 1990-2008.	42
Cuadro 8. Emisiones de fuentes puntuales para la ZMVM, 2002-2008 (toneladas).	44
Cuadro 9. Emisiones de fuentes móviles para la ZMVM, 2002-2008 (toneladas).	44
Cuadro 10. Emisiones de fuentes de área para la ZMVM, 2002-2008 (toneladas).	44
Cuadro 11. Medidas para la reducción de emisiones en la ZMVM, PROAIRE 2002-2010.	46
Cuadro 12. Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes puntuales para la ZMVM.	47
Cuadro 13. Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes móviles para la ZMVM.	47
Cuadro 14. Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes de área para la ZMVM.	48
Cuadro 15. Costos por degradación del aire 2003-2008 (pesos corrientes).	48

Cuadro 16. PIB de la ZMVM, 2003-2008. (Precios constantes 2003 y precios corrientes).	49
Cuadro 17. Costos por contaminación del aire respecto al PIB de la ZMVM, 2003-2008.	50
Cuadro 18. Proporción entre el PIB y el PIBE para México, 2003-2008.	51
Cuadro 19. Consumo energético histórico de la ZMVM, 1990-2008.	53
<b>ESQUEMAS</b>	
Esquema 1. Pilares del desarrollo sostenible.	7
<b>GRÁFICAS</b>	
Gráfica 1. Huella ecológica y población.	20
Gráfica 2. Huella ecológica, tamaño económico y población.	21
Gráfica 3. Índice de sostenibilidad ambiental, 2005 (países seleccionados).	23
Gráfica 4. Proporción de emisiones por fuente ZMVM, 2008.	40
Gráfica 5. Evolución de las emisiones de contaminantes criterio en la ZMVM (toneladas).	51
Gráfica 6. Consumo de energía eléctrica (Kwh per cápita), 1971-2007.	53

## RESUMEN

Este trabajo muestra la relación entre la economía y el medio ambiente, la cual ha sido abordada por diferentes vertientes de pensamiento, aquellas que hacen una fuerte crítica a la teoría económica convencional y su preocupación por el crecimiento, las que expresan la importancia de tomar en cuenta los límites de la naturaleza y las que declaran que el problema no está precisamente en esos límites físicos, sino en la forma en cómo se usan éstos y a qué ritmo, pero todas ellas ponen de manifiesto que el fin de vincular la economía con el medio ambiente, es el bienestar social.

Se analiza y define el concepto de desarrollo sostenible, el cual vincula la parte social, ambiental y económica. Se revisan además, las diferentes herramientas que han surgido con el fin de evaluar el avance en materia de desarrollo sostenible que alcanza una nación, los indicadores ambientales, los sociales

Siendo el producto interno bruto, el indicador más utilizado en la economía, y a partir de la crítica que se hace al uso de éste como medida de bienestar, la presente investigación propone que la herramienta de medición que mejor vincula la parte económica con la ambiental es el cálculo del producto interno bruto ecológico, el cual, toma en cuenta los costos por agotamiento y degradación del medio ambiente generados por el proceso económico (presentados como un crecimiento negativo en forma de porcentaje que influye sobre el PIB tradicional), dicha propuesta se materializa en el cálculo del producto interno bruto ecológico referido al aire de la zona metropolitana del valle de México, para los años 2003-2008.

## **ABSTRACT**

This thesis is a study on the relationship of economy and environment, which has been addressed by various strands of thought, those that make a strong criticism of the dominant theory and growth, expressing the importance of taking the limits of nature and which state that the problem is not precisely those physical limits, but in the way how they are used and at what pace, but all show that in order to link the economy with the environment, it is welfare.

It also discusses the concept of sustainable development, which comes from the visible pollution problems and resource shortages have occurred in different parts of the world in the seventies. The concept links the social, environmental and economic to provide a sustainable world for both the present and future generations. It also reviews various tools that come to evaluate progress on sustainable development which achieves a nation, in each of the parties that comprise it.

As the gross domestic product, the most widely used indicator in the economy, and from the criticism made of the use of it as a welfare measure, this research suggests that the measurement tool that better economic ties with the environment is the calculation of Green GDP, which takes into account the costs of exhaustion and environmental degradation caused by the economic process (presented as a negative growth rate that influences the traditional GDP), this proposal materializes in the calculation of gross domestic product organic air referred to the metropolitan area of the valley of Mexico, for the years 2003-2008.

## INTRODUCCIÓN

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.

Autores como Malthus (1798) y Ricardo (1817) hicieron mención sobre la escasez de recursos. En la afirmación de la ciencia económica, a través del *marginalismo*, se dejaron a un lado las consideraciones sobre población, instituciones o recursos naturales, y sus textos se caracterizaron por un análisis formal sin límites físicos. Por su parte, Marx hizo alusión a la naturaleza pero sólo de forma aislada cuando pronunció que el hombre construye su historia al transformar la sociedad, la naturaleza y a sí mismo, pero no abordó los límites impuestos por la naturaleza. Más adelante, Pigou con su obra *Economía del Bienestar* publicada en 1920, vinculó el bienestar social con la asignación óptima de recursos, con ello formaliza la inserción de las cuestiones medio ambientales en la ciencia económica, dando paso a lo que hoy se conoce como economía ambiental.

Sin embargo, 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 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. 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>1</sup>.

Por otro lado, 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 medio ambientales, la capacidad social e institucional que cada nación tenga para tomar acciones relativas al medio ambiente y el nivel de administración que posea cada país.

Por parte de la contabilidad nacional, el cálculo del *producto interno bruto ecológico*, 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

---

<sup>1</sup> Tomado de Foladori, Guillermo, Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales, Ambiente y sociedad, año II No. 5, segundo semestre de 1999.

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 (Foladori, 1999).

Bajo este contexto, la presente investigación tiene por *objetivo*:

Calcular el producto interno bruto ecológico (PIBE), a partir de las emisiones de contaminación del aire en la ZMVM en el periodo 2003-2008. A este indicador, se le denominará en la presente investigación producto interno bruto ecológico referido al aire (PIBEREA).

Para cubrir este propósito, se proponen los siguientes *objetivos particulares*:

1. Definir el concepto de desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental en el marco del pensamiento económico.
2. Revisar las herramientas utilizadas para medir el desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental.
3. Calcular el PIBEREA de la ZMVM en el periodo 2003-2008.

De acuerdo a la evidencia empírica de algunos estudios realizados por la comisión de estadística de las Naciones Unidas, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), así como de distintos investigadores en la materia, se ha demostrado que la contaminación atmosférica genera un importante efecto sobre el producto interno bruto, principalmente por los costos que se derivan de las acciones tomadas para revertir sus efectos.

Esta investigación plantea la siguiente *hipótesis*:

“El cálculo del producto interno bruto ecológico referido al aire, es una buena herramienta e indicador del desarrollo sostenible en la parte económico-ambiental, al valorar monetariamente los elementos sin precio explícito, como es el caso de la contaminación del aire, que representa el costo de oportunidad que paga la sociedad por no descontaminar.”

Este trabajo está dividido en tres capítulos, cada uno de ellos persigue un objetivo particular. En el primero, se vincula el pensamiento económico con los recursos naturales y se conceptualiza el desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental. En el segundo, se revisan las herramientas y los indicadores utilizados para medir el desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental, y se plantea la metodología de las cuentas nacionales para el cálculo del producto interno bruto ecológico. Finalmente, en el último capítulo se muestran los resultados de las estimaciones y las conclusiones del trabajo.

## **CAPÍTULO 1. DESARROLLO SOSTENIBLE Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**

Existen diversas razones para tratar temas relacionados con el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Ya que tanto el desarrollo como los cambios ambientales están vinculados en un proceso dinámico que implica que las decisiones tomadas hoy, pueden influir sobre las disponibilidades en el futuro. Por ello, es evidente que el estado del medio ambiente juega un papel importante en el proceso del desarrollo. Puesto que los sistemas económicos y naturales evolucionan de manera conjunta, es necesario un análisis que relacione ambos.

### **1.1 Pensamiento económico 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 sobre una escasez de recursos y decía que el crecimiento de la población rebasaría la oferta de alimentos<sup>2</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 identificando bienestar social con asignación óptima de recursos, intentó realizar un análisis sistemático de los fallos de mercado, siendo uno de éstos las externalidades. Y son precisamente las externalidades, las que están en el origen de 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

---

<sup>2</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>

posibles factores externos. Este teórico estableció además la distinción entre costos marginales privados y sociales y aboga por la intervención del estado mediante subsidios e impuestos para corregir los fallos de mercado e internalizar las externalidades<sup>3</sup>. En contradicción, Coase (1960) proponía un completo cambio de enfoque respecto al intervencionismo automático de la economía del bienestar: dado que el estado también tiene sus fallos 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>4</sup>.

Por la parte de la microeconomía de los recursos, Hotelling (1931) estableció la regla que preside todo el análisis de la gestión de los recursos naturales, planteando a cerca 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>5</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, que surgió en Estados Unidos entre finales del siglo XIX y los años veinte, planteando los problemas medioambientales tanto a nivel social como político, uniéndolos a la teoría económica. Fue el trabajo de Gray (1913) que especificó que el problema de la conservación era macroeconómico y estaba vinculado a la cuestión ética de la equidad intergeneracional y en 1914 realizó un estudio microeconómico sobre la

---

<sup>3</sup> De Serpa, Allan C., 1993, "Pigou and Coase in retrospect", Cambridge Journal of Economics, vol. 17 (1), marzo, pp. 27-50.

<sup>4</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>5</sup> 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).

explotación minera en un entorno perfectamente competitivo, estudio que más adelante fue concretizado por Hotelling (1931)<sup>6</sup>.

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 y 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

---

<sup>6</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.

los pobres” y la preocupación por preservar las culturas tradicionales que serán portadoras de una sabiduría ambiental (Martínez Alier, 1995)<sup>7</sup>.

En el enfoque marxista, el problema ambiental no está dado por los límites físicos externos a la sociedad sino por la forma de organización social del trabajo que determina qué recursos usar, la forma y el ritmo del uso. El capitalismo es intrínsecamente expansionista y esto tiende a crear los problemas de contaminación y depredación, que, por admitir soluciones técnicas, el sistema podría resolver sin ser cuestionado en su base. Sin embargo, no puede resolver la desocupación, pobreza y desigualdad sin cuestionar esa base, desde que no son sólo consecuencias, sino condiciones para el propio establecimiento de las relaciones capitalistas. De ahí que la solución no pasa por corregir, mejorar o achicar el mercado, sino por transitar hacia otra forma de organización social del trabajo que, basada en la propiedad social de los medios de producción natural y artificial, los utilice en forma responsable para la satisfacción de las necesidades de la sociedad en su conjunto, y no de una minoría<sup>8</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.

---

<sup>7</sup>Martínez Alier, J. (ed). (1995): Los principios de la Economía Ecológica. Madrid. Fundación Argentaria- Visor distribuciones.

<sup>8</sup> Foster, John B., 1994, “La ecología de Marx”, España, Ediciones de intervención cultural/ el viejo topo, 2000.

## 1.2 Surgimiento del paradigma: Desarrollo sostenible

Por un lado, desde los clásicos y hasta mediados de la década de los sesenta dentro de la economía, se consideraba a la naturaleza como un bien libre, proveedor infinito de recursos y como un eterno receptor de desechos, como lo señaló Martínez Alier (1991):

“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>9</sup>

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>.

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

---

<sup>9</sup> Martínez Alier, J.; Schlüpmann, K., La ecología y la economía, Fondo de Cultura Económica, Textos de economía, México, 1991.

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

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.

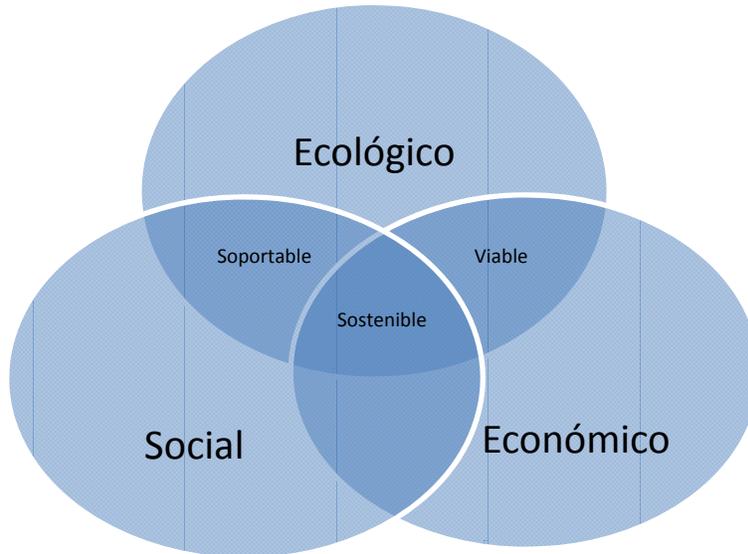
Este término, a su vez estuvo inspirado en la corriente de pensamiento representada por Alfred Lokta, Vladimir Vernadsky y Nicolas Georgescu, la economía ecológica. Este último autor decía, haciendo una crítica a la teoría neoclásica, que: “... el mercado libre es incapaz de llevar a cabo un reparto 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>11</sup> Georgescu-Roegen, Nicholas, 1971, “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.

<sup>12</sup> Ver Stiglitz (1974) en "Growth with exhaustible resources: efficient and optimal growth paths", Revista de estudios económicos, vol. 41.

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 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.

### **1.3 Definición del desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental**

El desarrollo sostenible puede ser considerado como un concepto que integra las diferentes visiones acerca del medio ambiente y los recursos naturales, además de ser el camino hacia una síntesis sobre el desarrollo y el medio ambiente. En el concepto, la parte relativa a la teoría económica, está fuertemente influenciada por el enfoque neoclásico, que ha proveído de herramientas metodológicas de valoración, las cuales se examinarán en la segunda parte de esta investigación, y que han sido transmitidas a través de los organismos internacionales especializados en materia del desarrollo y el medio ambiente.

Actualmente el concepto de desarrollo sustentable tiene diferentes connotaciones, algunas de ellas se refieren sólo a la sostenibilidad ambiental o ecológica, otra es la de los organismos internacionales como Naciones Unidas que hacen hincapié

en la parte social y ambiental, la parte económica está normalmente considerada como implícita, cuando las otras dos variables son tomadas en cuenta.

Como se mencionó en el apartado anterior el desarrollo sostenible se definió en el informe de Brundtland en 1987 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”, siendo esta definición la más utilizada. Sin embargo, en la literatura sobre el tema, distintos autores han articulado diferentes conceptos del desarrollo sostenible.

Foladori, señala una doble intención en el concepto: por un lado, se encuentra la garantía de un mundo físico-material y de seres vivos igual o mejor para las *generaciones futuras*, y por el otro, un desarrollo con equidad para las *generaciones presentes*. La preocupación por las futuras generaciones hace referencia a las relaciones técnicas con el ambiente y la preocupación por la equidad presente, a las relaciones sociales. Al respecto, Foladori, hace la crítica sobre que en las mediciones de sostenibilidad, las relaciones técnicas se vuelven prácticamente exclusivas<sup>13</sup>.

Como puede apreciarse, el concepto tiene dos acepciones, la parte ambiental y la parte social, es decir, una parte preocupada por el deterioro ambiental, y la otra por el aumento de la pobreza, ya que ésta a su vez, es considerada como generadora de ese deterioro, por el hecho de no poseer los recursos para generar una estrategia de producción que disminuya el impacto ambiental, además de ejercer presión debido al crecimiento poblacional. Pero entonces, se evidencia que el desarrollo sostenible como concepto, deberá delimitar sus propósitos. Para Lélé (1991), “la idea es aclarar la semántica e identificar algunas carencias críticas del concepto y su razonamiento, así como los puntos débiles que se deberán

---

<sup>13</sup> Foladori, Guillermo y Pierri, Naína (Coord.), 2005, ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México, Miguel Ángel Porrúa, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura.

abordar para que el desarrollo sostenible se convierta en un paradigma de desarrollo significativo”<sup>14</sup>.

Roberto Guimares, planteó la interrogante, a través de la CEPAL de que si el desarrollo sostenible era una propuesta alternativa o sólo una retórica neoliberal. “Resulta inevitable sugerir, principalmente a partir de la realidad de los países subdesarrollados del sur, que el desarrollo sostenible sólo se transformará en una verdadera propuesta en la medida que sea posible distinguir sus componentes reales, es decir, sus contenidos sectoriales, económicos, ambientales y sociales” Guimares (2003)<sup>15</sup>.

Otro autor que propone una concepción para el desarrollo sostenible, es Gallopín, quien manifiesta la necesidad de articular de forma constructiva los criterios que abordan el desarrollo de arriba hacia abajo, con las iniciativas de base que van de abajo hacia arriba. Exige tener en cuenta al mismo tiempo los aspectos globales y la forma en que se relacionan recíprocamente. Finalmente, requiere ampliar el horizonte espacial y temporal para adaptarse a la necesidad de equidad intergeneracional así como intrageneracional, Gallopín (2003)<sup>16</sup>.

Los esfuerzos por llegar a un consenso sobre la definición del término. El peso de Daly, Goonland, Constanza, El Serafy, Pearce, Repetto, etc., siguen marcando las definiciones o indefiniciones de desarrollo sostenible y de sostenibilidad ambiental. Los autores, implícita o explícitamente, siguen utilizando el contradictorio concepto de equilibrio entre dimensiones y la aceptación de que el desarrollo de los países llamados desarrollados es el deseado y el único, Gligo (2006)<sup>17</sup>.

---

<sup>14</sup> Lélé S.M., 1991, “Sustainable Development: a critical review”, World Development, vol. 19(6).

<sup>15</sup> Guimares, R. (2003a), “El desarrollo sustentable: ¿Propuesta alternativa o retórica neoliberal?” CEPAL, Versión resumida de la ponencia: “El papel del Estado en una estrategia de desarrollo sustentable” presentada en el Foro sobre Desarrollo Sostenible y la Reforma del estado en América Latina y el Caribe, Colegio de México / CEPAL, 11-13 de abril de 1994.

<sup>16</sup> Gallopín, Gilberto, Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico, Medio Ambiente y desarrollo, serie 64, CEPAL, Santiago de Chile, mayo de 2003.

<sup>17</sup> Gligo V., Nicolo, 2006, “Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después”, serie medio ambiente y desarrollo, CEPAL, no. 126, Santiago de Chile, mayo.

En cuanto al *sostenibilidad ambiental*, ésta se define como la capacidad de un sistema (o un ecosistema) de mantener su estado en el tiempo, manteniendo para ello los parámetros de volumen, tasas de cambio y circulación invariables o haciéndoles fluctuar cíclicamente en torno a valores promedio (Gligo, 1987)<sup>18</sup>. Constanza define tres diferentes políticas para conseguir la sostenibilidad ambiental: una tasa sobre la destrucción de capital natural con el fin de reducir o eliminar la destrucción del mismo, la aplicación del principio contaminador-pagador aplicado a productos contaminadores de tal forma que incentive a los productores a mejorar el entorno, y por último, un sistema de aranceles ecológicos que permita a los países aplicar las dos políticas anteriores sin forzar a sus productores a moverse a otros lugares con el fin de mantener la competitividad (Constanza, 1994)<sup>19</sup>.

#### **1.4 Semántica de los términos sustentable o sostenible**

Como lo sostiene (Gallopín, 2003), el concepto de sostenibilidad y el desarrollo sostenible o sustentable, se encuentran entre los conceptos más ambiguos y controvertidos de la literatura sobre este tema. Por ello es necesario establecer los criterios contenidos en dichos conceptos.

La primera confusión surge ante los adjetivos sustentable o sostenible, el primero hace referencia a la acción de sustentar que a su vez está definido como conservar algo en su ser o estado. Sostenible, según la real academia española, es un proceso que puede mantenerse por sí mismo.

---

<sup>18</sup> Gligo, N. (1987), "Política, sustentabilidad ambiental y evaluación patrimonial", Pensamiento Iberoamericano, núm. 12.

<sup>19</sup> Constanza, R. (1994), "Three general policies to achieve sustainability", Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability, Island Press, Washington, D.C.

Algunos autores advierten que la expresión "desarrollo sostenible o sustentable" es un anglicismo que proviene del concepto sustainable development. El término "sustainable" en inglés implica dinamismo y significa mantener o seguir adelante con una acción o proceso. Es una concepción dinámica, no estática y, por tanto, dicha palabra inglesa se refiere al esfuerzo necesario que se debe aplicar para que un proceso dinámico se mantenga superando los obstáculos que pueda encontrar, obligando por lo tanto, a la identificación de las condiciones necesarias para que el sistema no sólo sobreviva sino para que pueda seguir avanzando. (P. Bifani, 1993)<sup>20</sup>.

A partir de esto, se puede deducir que la palabra "sustainable" ha sido erróneamente traducida al español como "sustentable", ya que éste deja fuera el dinamismo al que hace referencia el término en inglés.

Sobre la sostenibilidad y el dinamismo que implica el término, Gudynas apunta que:

"si una actividad es sostenible, virtualmente puede continuar por tiempo indefinido. Sin embargo, cuando las personas califican de sostenible una actividad, lo hacen a partir de lo que saben en ese momento. No puede existir una garantía de sustentabilidad a largo plazo, porque sigue habiendo muchos factores desconocidos o imprevisibles. La enseñanza que sacamos al respecto es la siguiente: hay que limitarse en las acciones que podrían afectar al medio ambiente, estudiar detenidamente los efectos de dichas acciones y aprender rápidamente de los errores cometidos"<sup>21</sup>

Para fines de la presente investigación, y debido a que en la literatura que aborda el tema, se ha encontrado similitud entre ambos términos, sustentabilidad y sostenibilidad, se tomará ambos conceptos como sinónimos, sin embargo será el término *sostenible*, el que se utilice.

---

<sup>20</sup> Bifani Paolo. (1993). "Desarrollo sostenible, población y pobreza: algunas reflexiones conceptuales". Educación ambiental y universidad, México, Universidad de Guadalajara.

<sup>21</sup> Gudynas, Eduardo, 2004, "Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible, Montevideo, Biblioteca latinoamericana en ecología política, 5ta edición.

## **Capítulo 2. APROXIMACIÓN AL DESARROLLO SOSTENIBLE: HERRAMIENTAS E INDICADORES**

La economía empezó a analizar el medio ambiente primero como una externalidad, ofreciendo algunos instrumentos basados en niveles óptimos, escalas mínimas y máximas de contaminación, análisis costo-beneficio, etc. La teoría de los límites del crecimiento del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y los modelos dinámicos de los sistemas globales del Club de Roma, dieron lugar a un paradigma más centrado en la administración de recursos. Su objetivo consistía en incorporar los múltiples valores de los recursos ambientales, incluyendo la posibilidad de cálculos a la contabilidad nacional y la política económica.

### **2.1 Medición del desarrollo sostenible**

Desde el surgimiento formal del concepto en 1987, se han desarrollado distintas metodologías para intentar 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. En el apartado 2.2, se analizarán algunas herramientas de medición utilizadas en cada disciplina.

### ***Críticas a los intentos por medir el desarrollo sostenible.***

En general las críticas a la medición del desarrollo sostenible, van en dirección a la incesante actividad interpretativa mundialmente existente en torno al concepto y significados de las palabras “desarrollo” y “sostenible” y, por ende, en torno a la unión de ambas: el desarrollo sostenible. Como ya se vio en el primer capítulo, existen diferencias en la concepción del término. Foladori, al referirse a las

debilidades que presentan las mediciones, tanto las de enfoque económico como ecológico y político-social, expresa que:

*“La debilidad radica en considerar a la sociedad humana enfrentada como un bloque, y medida como una unidad, en relación con el medio ambiente externo. La sociedad humana es vista en su relación genérica y por lo tanto ahistórica con el medio ambiente. Se pierde de vista, con ello, la especificidad histórica que proviene de la forma de organización económica y sus relaciones sociales”<sup>22</sup>.*

Este autor identifica tres tipos de medición, las económicas que se basan en la valoración monetaria de bienes naturales que no tienen precio y que no circulan como mercancía. Las sociales o políticas, que cuantifican ciertos grados de desigualdad social y utilizan indicadores sociales y políticos descriptivos como desempleo, analfabetismo, trabajo doméstico, etc., y finalmente, las ecológicas que lo que hacen es realizar cuantificaciones físicas y establecer la relación de uso o consumo con la población humana.

Al respecto de la medición del desarrollo sostenible en su parte ambiental, Enrique Leff apunta que:

*“La dificultad para evaluar los costos ecológicos y sociales del crecimiento económico, así como para incorporar al cálculo económico los criterios cualitativos y los diversos procesos (inconmesurables) de orden ecológico, tecnológico, cultural y social que caracterizan a los valores y potenciales productivos de una racionalidad ambiental, ha implicado que la planificación ambiental del desarrollo se haya restringido a la perspectiva de una economía política de la contaminación”<sup>23</sup>.*”

---

<sup>22</sup> Foladori, Guillermo. Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales. Ambiente y sociedad, Campinas: UNICAMP/NEPAM, v.2, n.5, p.19-34, 1999.

<sup>23</sup> Klemm (1982), citado en LEFF, Enrique, 1986, “Ecología y capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable”, México, siglo XXI editores, séptima edición, 2007.

## **2.2 Principales herramientas e indicadores del desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental**

Los indicadores, especialmente los ambientales, a menudo se refieren específicamente al fenómeno u objeto de observación. Por ejemplo un indicador para evaluar el impacto de las acciones humanas sobre la atmósfera puede medir toneladas de  $CO_2$  emitidas. Es por ello que para comparar los indicadores económicos y ambientales, se hace necesaria la conversión de éstos últimos en costes económicos o beneficios. Mientras que los costos económicos por lo general se pueden medir a través de técnicas estándar. La dificultad entonces, radica en encontrar un factor de conversión simple que relacione los indicadores ambientales (como las emisiones de  $CO_2$ ) con el coste económico de éste para la sociedad.

La literatura distingue tres tipos de indicadores, los de primera generación, que corresponden a los que habitualmente reciben el nombre de indicadores ambientales o de sostenibilidad ambiental. Su desarrollo se produjo entre los años ochenta y la actualidad, periodo en el que se han diseñado e implementado indicadores ambientales, los cuales, siendo de primera importancia, dan cuenta del fenómeno complejo desde un sector productivo (minería, agricultura, forestal), o bien desde la singularidad o desde un determinado número de fenómenos constitutivos de la complejidad ambiental (por ejemplo, conteniendo variables de contaminación y de recursos naturales).

La segunda generación, se desarrolló a partir de los noventa, y corresponde al desarrollo realizado desde el enfoque multidimensional del desarrollo sostenible. Se trata aquí de avanzar en el diseño e implementación de sistemas de Índices de Desarrollo Sostenible (IDS) compuestos por indicadores de tipo ambiental, social, económico e institucional.

Una tercera generación de indicadores, y que está en proceso de desarrollo, trata de producir indicadores transversales o sinérgicos, que en una o pocas cifras, permita tener un rápido acceso a un mundo de significados mucho mayor, en los cuales esté incorporado lo económico, social y ambiental en forma transversal y sistemática (Quiroga, 2007)<sup>24</sup>.

Quiroga presenta un esquema (ver cuadro 1) que intenta clasificar las iniciativas que se desarrollan en el mundo en torno a los indicadores tanto ambientales como de desarrollo sostenible, hace una distinción a partir del enfoque metodológico utilizado en cada caso, sistémico o conmesuralista.

**Cuadro 1. Taxonomía de los principales indicadores ambientales y de desarrollo sostenible.**

Enfoque Sistémico		Enfoque Conmesuralista	
Ambientales	Desarrollo Sostenible	Monetizados	Índices
Capital Natural (Naredo: Coste Energético de Reposición)	Indicadores ILAC de DS (PNUMA y Foro de Ministros de Medio Ambiente ALC)	Value of World Ecosystem Services (Costanza, 1998)	Índice del Planeta Vivo (IPV, WWF)
WWI: Vital Signs	IDS (Comisión de Desarrollo Sostenible)	Capital Natural y Total, Riqueza Real y Ahorro Genuino (Banco Mundial)	Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES, Daly & Cobb)
WRI: World Resources	IDS Unión Europea OCDE (Indicadores de Desacoplamiento)	Indicadores provenientes del Sistema de Contabilidad Económica Ambiental Integrada (SCAEI), i.e. PIB neto de descapitalización ambiental, Gasto Ambiental, etc.).	Índice de Ambiental (ISA, Davos)
Indicadores Ambientales (Agencia Ambiental Europea) Indicadores Ambientales (Core, Key & Sectoral de OCDE)	OCDE (Indicadores de Desacoplamiento)		Huella Ecológica (Wackernagel)

Fuente: Quiroga, Rayén, Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2007.

A continuación, se presentan las principales herramientas para medir la sostenibilidad a partir de distintos enfoques, el surgimiento de éstas, su contexto y evolución, además de algunos de los resultados más importantes.

<sup>24</sup> Quiroga, Rayén, Indicadores ambientales y desarrollo sostenible: Avances y perspectivas para América Latina y el Caribe, CEPAL, Serie 55, Santiago de Chile, diciembre de 2007.

## a) Huella ecológica

El concepto de huella ecológica fue creado por Mathis Wackernagel y William Rees de la Universidad de British Columbia, a principios de 1990 (Rees 1992, Wackernagel 1991, Wackernagel 1994, Rees 1996, Wackernagel y Rees 1996). En respuesta a los debates en torno a la capacidad de carga (por ejemplo, Meadows, 1972), esta metodología fue diseñada para representar el consumo humano de los recursos biológicos y la generación de desechos en términos de áreas de ecosistemas apropiados, que podrían ser comparados con la capacidad productiva de la biosfera en un año determinado. Al centrarse sólo en el área bioproductiva, los recursos actualmente extraídos y los residuos generados, el método evalúa la demanda humana sobre la biosfera y la capacidad de la biósfera de satisfacer esas demandas específicas (Wackernagel et al 1999)<sup>25</sup>.

Su objetivo fundamental consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Por lo que puede considerarse como un indicador para medir la sostenibilidad.

El valor didáctico del concepto de huella ecológica reside en que hace evidentes dos realidades ligadas que quedan fuera del alcance de la intuición. Primero, que el modo de vida característico de los países más ricos del planeta no puede extenderse al conjunto de sus habitantes. Segundo, que una economía planetaria sostenible exige de esa misma minoría acomodada una reducción de sus consumos; y también de su nivel de vida, en la medida en que no pueda compensarse con un aumento equivalente en la eficiencia de los procesos productivos, *op. cit.*

---

<sup>25</sup> WACKERNAGEL, Mathis y Rees, William, 1999, Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. IEP/Lom Ediciones, Santiago, 2001.

De esta manera, la huella ecológica de cualquier población, es el total de la tierra y mar ecológicamente productivos ocupados exclusivamente para producir todos los recursos consumidos y para asimilar todos los desechos generados por una población, utilizando la tecnología actual. En conclusión, mide las condiciones básicas de la sostenibilidad: la relación entre hábitos de consumo, estilos de vida y recursos naturales.

La huella ecológica, en su forma más básica, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$HE = \frac{D_{anual}}{Y_{anual}}$$

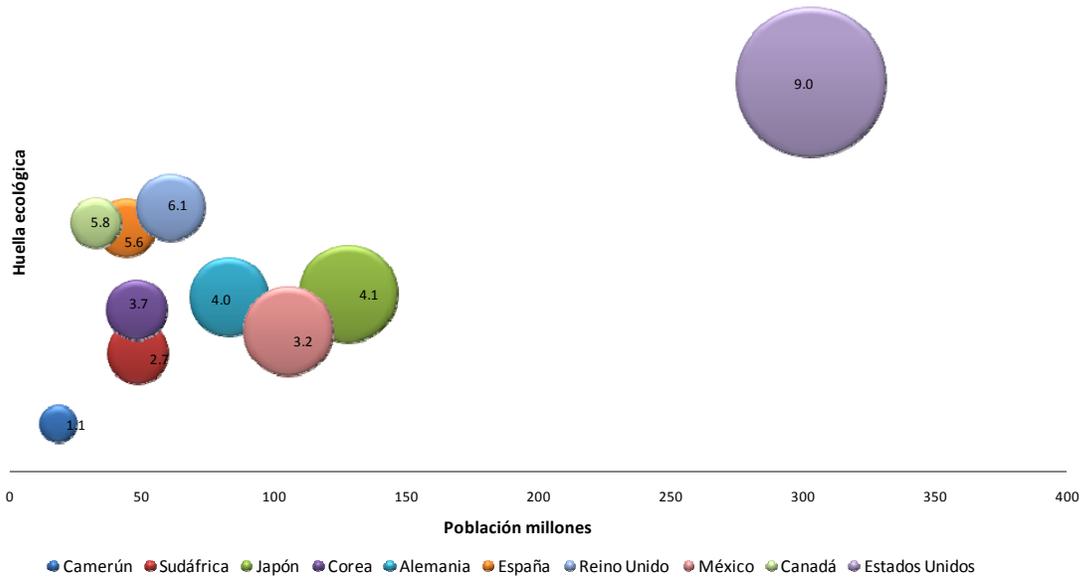
Donde D es la demanda anual de un producto e Y es el rendimiento anual del mismo producto. El rendimiento se expresa en hectáreas globales, que en esencia se estiman con la ayuda de dos tipos de factores: de rendimiento (comparación del rendimiento nacional medio con el rendimiento promedio en el mundo) y los de equivalencia (se refieren a la productividad relativa entre la tierra y diversos tipos de zona marítima).

Algunos de los resultados del cálculo realizado por la *Global Footprint Network*, y publicados en 2009<sup>26</sup>, muestran que no existe una clara relación entre la huella ecológica calculada y la variable población, países como China con 1300 millones de habitantes, tiene una huella ecológica calculada de 1.8 hectáreas, mientras que la de países como Estados Unidos tienen una de 9 hectáreas, con 300 millones de habitantes (ver gráfica 1).

---

<sup>26</sup> Resultados disponibles en <http://www.footprintnetwork.org>

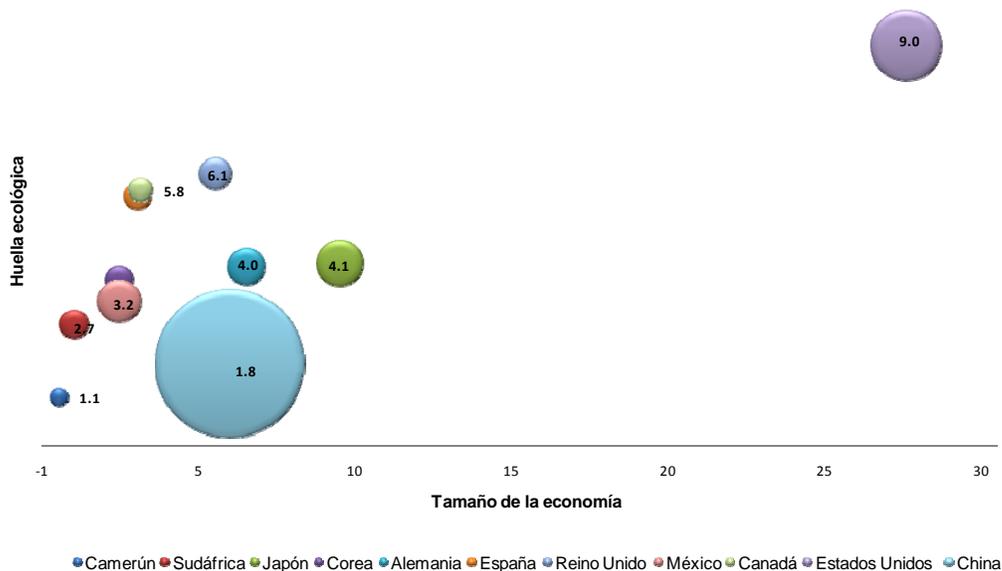
Gráfica 1. Huella ecológica y población



Fuente: Elaboración propia con datos de Ecología Footprint Atlas, 2009.  
\*Datos de 2006.

En la gráfica 2, se relaciona la huella ecológica calculada, la población y el peso de la economía nacional en la economía mundial. Los datos muestran una relación directa entre la variable económica y la huella ecológica, en otras palabras, a mayor grado de participación en la economía mundial, mayor es el territorio necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por la población.

Gráfica 2. Huella ecológica, tamaño económico y población\*



Fuente: Elaboración propia con datos de Ecologica Footprint Atlas, 2009.  
\*Datos de 2006.

## b) El índice de sostenibilidad ambiental (ISA)

Este es un índice más reciente, es una iniciativa del Global Leaders for Tomorrow Environmental Task Force del World Economic Forum. El piloto ha sido desarrollado por el Yale Center for Environmental Law and Policy, el Center for International Earth Science Information Network de la Universidad de Columbia. Fue presentado, en versión piloto, durante el Foro Económico Mundial de Davos a principios del 2001.<sup>27</sup>

El ISA es un indicador indexado, jerárquicamente estructurado, que en su versión actualizada al 2005 comprende 76 variables de igual peso ponderado en el total. A su vez, estas variables se estructuran en 21 indicadores y 5 componentes.

<sup>27</sup> <http://www.yale.edu/esj/> (Documento 2005, ESI)

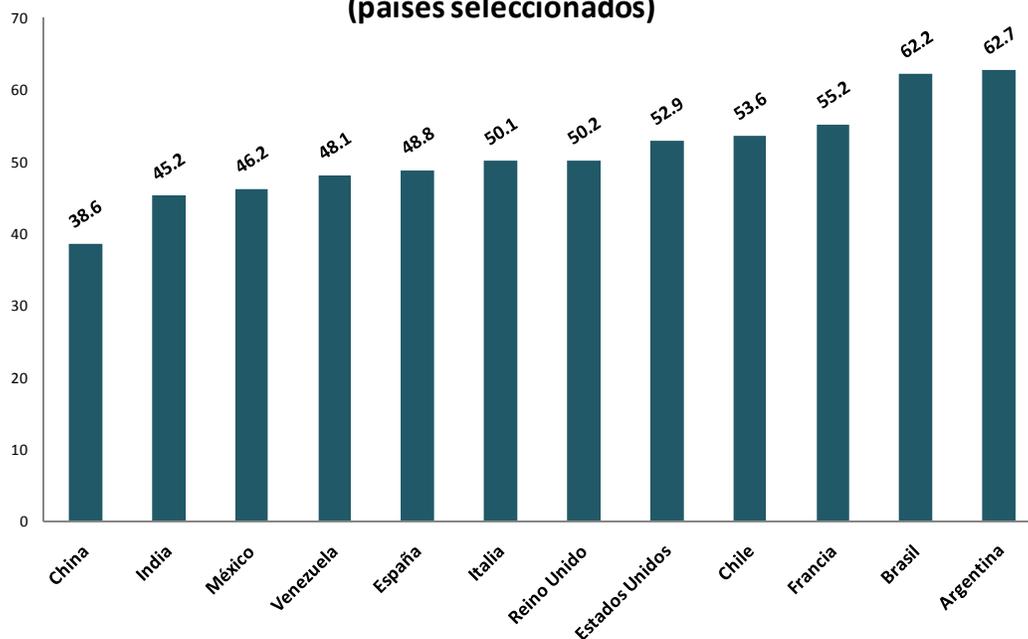
Así, el ISA combina (es el promedio simple de) 21 indicadores medioambientales que van desde la calidad del aire, reducción de desechos hasta la protección de bienes comunes internacionales. La calificación obtenida por cada país es desglosada en 67 materias más específicas, como la medición del dióxido de azufre en el aire urbano y muertes asociadas a malas condiciones sanitarias.

El ISA mide cinco puntos centrales:

1. El estado de los sistemas medioambientales de cada país.
2. El éxito obtenido en la tarea de reducir los principales problemas en los sistemas ambientales.
3. Los progresos en la protección de sus ciudadanos por eventuales daños medio ambientales.
4. La capacidad social e institucional que cada nación tenga para tomar acciones relativas al medio ambiente.
5. Nivel de administración que posea cada país.

Respecto de los resultados en su última versión 2005, podemos observar en la gráfica 3, que el índice muestra que el mayor puntaje de ISA corresponde a Suecia, Canadá, Dinamarca, Nueva Zelandia, para 2005 el índice incorpora los resultados de 146 países, donde Finlandia aparece con el mayor puntaje (75.1), seguido por Noruega (73.4) y Uruguay (71.4) que es el primer país de América Latina y del continente en puntaje ISA. México cuenta con un índice de (46.2) muy por debajo de países latinoamericanos como Chile, Brasil y Argentina con índices de (53.6), (62.2) y (62.7) respectivamente.

**Gráfica 3. Índice de Sostenibilidad Ambiental, 2005  
(países seleccionados)**



Fuente: Elaboración propia con datos del Índice de Sostenibilidad Ambiental, Reporte 2005.

Este es un índice que como agregación mega numeraria, puede ser “sopesado” con el PIB y el Índice de Competitividad Internacional (ICI), a fin de complementar información sustantiva, que oriente en mejor forma la toma de decisiones y el diseño y ejecución de políticas.

Quiroga sintetiza las siguientes fortalezas del Índice<sup>28</sup>:

1. Contiene un número significativo de variables ambientales.
2. Constituye un esfuerzo formidable de reunir información básica ambiental de nivel nacional sobre la que se pueden re trabajar otros indicadores.
3. Presenta la base de datos originales, adicionando transparencia metodológica.
4. Es comunicacionalmente potente, como todo índice o mega numerario.

<sup>28</sup> Quiroga, Rayén, Indicadores ambientales y desarrollo sostenible: Avances y perspectivas para América Latina y el Caribe, CEPAL, Serie 55, Santiago de Chile, diciembre de 2007.

5. No requiere de valorización monetaria, lo que aumentaría sus cuestionamientos metodológicos
6. Al ser un índice estandarizado para los países, permite comparabilidad internacional, sin perjuicio de los posibles sesgos descritos.

Las debilidades del Índice pueden resumirse en:

1. Es metodológicamente discutible que hayan otorgado ponderaciones equivalentes a las 76 variables, siendo este un problema general de todos los índices.
2. Los resultados del índice para países con distinta confiabilidad en la información primaria ambiental pueden dificultar la comparabilidad de los resultados, y particularmente el ranking.
3. Existe también varianza temporal en los resultados por país, pues la disponibilidad es distinta, en algunos casos variando en cuatro años el último año de disponibilidad estadística entre los países considerados.
4. El número de variables parece dificultar la aplicación al resto de países del mundo, donde la disponibilidad de información es significativamente más restringida que en los países estudiados.
5. Al ser un indicador ambiental, no refleja en su interior, ni en forma compuesta, las interrelaciones con los procesos económicos y distributivos.
6. El indicador no incorpora importación de espacio ambiental que realizan las naciones del norte.
7. El comparativo internacional impide que el índice refleje elementos locales fundamentales (en algunos países, la desertificación es más relevante, en otros la contaminación de aguas, en algunas ciudades la contaminación atmosférica, y así por el estilo).

### **c) Indicadores ambientales de la OCDE**

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), es uno de los pioneros en el desarrollo de indicadores ambientales en el mundo, y uno de los organismos que más profusamente ha construido y articulado conjuntos de éstos orientados a las políticas públicas. En su trabajo, la organización aporta una visión de trabajo interesante que vincula los problemas y oportunidades ambientales a los procesos económicos.

La OCDE inició un programa específico de indicadores ambientales en 1990, después de una solicitud de la cumbre del G-7 en 1989. Este programa se basó en la idea de que no existe sólo un grupo de indicadores, ya que su utilidad depende del propósito del sistema de indicadores. Los objetivos de los indicadores ambientales incluyen:

1. Evaluar el progreso ambiental.
2. Integrar mejor las preocupaciones ambientales en las políticas sectoriales.
3. Integrar mejor las preocupaciones ambientales en la política económica.

El trabajo llevó a la publicación del “OCDE Core Set of Environmental Indicators” en 1993, en donde se presentaron 48 indicadores estructurados bajo el marco ordenador PER. Los criterios básicos de selección fueron: relevancia política, capacidad analítica y facilidad de monitoreo. Los indicadores se agruparon en 13 áreas temáticas.

La primera estrategia de desarrollo sostenible ambiental de la OCDE, subrayó la necesidad de mejorar la calidad de la información y avanzar en la generación de indicadores, los Ministros del Medio Ambiente lograron concensuar un sistema de indicadores ambientales ordenados por áreas temática, y clasificados según el

marco PER. Esto fue publicado en “Towards Sustainable Development: Environmental Indicators 2001”.

Estos indicadores se pueden clasificar en 4 grupos interconectados:.

**Indicadores titulares (core):** corresponde al grupo de alrededor de 50 indicadores seleccionados y consensuados por los países miembros de la OCDE, que en su conjunto permiten tener una visión del desempeño ambiental. La mayoría de los datos utilizados para el cálculo de estos indicadores son recolectados por la OCDE directamente desde las oficinas nacionales, siendo luego armonizados y revisados.

**Indicadores claves o principales (key):** constituye un subconjunto reducido de 10 indicadores, que abarca ampliamente las problemáticas ambientales y permite analizar políticas ambientales y medir el desempeño ambiental en los países miembros de la OCDE.

**Indicadores sectoriales:** indicadores que permiten enfocarse a temas más específicos. Van más allá de la dimensión ambiental, pudiendo abarcar temáticas económicas y sociales. Reflejan fuerzas motrices o presiones indirectas.

**Indicadores derivados de cuentas ambientales:** aquellos indicadores diseñados para integrar materias ambientales dentro de políticas económicas y de manejos de recursos. Indicadores de disociación ambiental: miden la disociación de las presiones medio ambientales del desarrollo económico, y en gran medida permiten medir el desarrollo sostenible.

Estos indicadores comenzaron a ser publicados el mismo año, a través de la serie periódica: “OECD: Key Environmental Indicators” correspondiendo la última edición al año 2005. Igualmente se publica una versión extendida “OCDE: Environmental data compendium”.

#### **d) Índice de bienestar económico sostenible (IBES)**

El índice de bienestar económico sostenible es un aporte metodológico diseñado originalmente por Daly y Coob (1989) y revisado por Coob (1994)<sup>29</sup>, el que establece en un sólo numerario o valor de tipo índice, un indicador comprensivo sobre la de los niveles de bienestar que la población de un país está experimentando a lo largo del tiempo.

Este índice integra ponderadamente variables económicas, distributivas, sociales y ambientales las que reciben valoraciones en una escala única, y ponderaciones que han sido trabajadas con base en los consensos establecidos por dichos investigadores. Así, se incluyen variables tales como el consumo ajustado, el coeficiente de Gini (que mide la inequidad en la distribución percentil de la renta nacional), los gastos compensatorios o defensivos en que incurre la población para compensar los costos ambientales impuestos, nivel de salud, educación y acceso a otros bienes y servicios que denotan las funciones de bienestar social. Los resultados obtenidos con la medición de este índice (ISEW por sus siglas en inglés) han mostrado una diferencia creciente entre la tendencia al crecimiento económico experimentado por las economías industriales o “desarrolladas”, medido por el PIB. A diferencia de este clásico indicador, el IBES muestra sin excepción una tendencia al alza hasta cierto momento de la década de los setenta u ochenta (según sea el país) para luego iniciar una tendencia a la disminución, 38 indicando empeoramiento en la dinámica del bienestar visto desde un punto de vista de sostenibilidad. Algunos de los países en donde se ha medido el IBES, por lo general para una treintena de años, son Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Holanda y Japón; todos los cuales muestran una divergencia en la evaluación que se podría formular a partir de indicadores tradicionales tales como el PIB y el IBES.

---

<sup>29</sup> Citado en Quiroga (2007).

## **2.3 La contabilidad nacional y el medio ambiente**

Las herramientas de medición del desarrollo sostenible y ambiental tienen como fin transformar este concepto en algo más tangible y concreto, dicho objetivo, puede realizarse a partir de la introducción de variables que ayuden a medir el impacto ambiental y social en conjunto con las ya tradicionales formas de medición económica, como lo es la contabilidad nacional . En la conferencia mundial celebrada en 1992 en Río de Janeiro, se reconoció la necesidad de ampliar los sistemas actuales de contabilidad económica nacional para dar cabida en ellos a la dimensión ambiental y a la dimensión social, incluyendo por lo menos sistemas de cuentas subsidiarias para los recursos naturales.

El interés por elaborar cuentas ambientales surge desde los 90 en los países de América Latina por la necesidad de conocer las interrelaciones entre medio ambiente y economía<sup>30</sup>.

### ***Experiencia en México***

En México, entre 1990 y 1991, el INEGI en la colaboración de la oficina de estadística de las Naciones Unidas y el Banco Mundial, realizó un estudio de caso en materia de contabilidad ambiental para el año 1985, dándole un nuevo formato al sistema regular de cuentas nacionales y agregándole nuevas áreas de interés. Esta investigación junto con las recomendaciones derivadas del SCN de 1993 de las Naciones Unidas dio origen al Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM). El SCEEM, es una cuenta satélite del Sistema de Cuentas Nacionales y es la que se encarga de valorar los activos económicos y ambientales ya sea por degradación o agotamiento, proporcionando información sobre el producto neto ecológico incluyendo los temas: cuentas de producción y formación bruta de capital del gasto de protección ecológica del sector público;

---

<sup>30</sup> Cuentas ambientales en los países de América Latina y el Caribe: estado de situación, CEPAL-REDESA, 2da reunión de REDESA ambiental, Santiago, noviembre de 2003.

activos ecológicos producidos, petróleo y gas natural, recursos forestales y cambios en el uso del suelo (deforestación), recursos hidráulicos, erosión del suelo, contaminación de cuerpos de agua y contaminación del aire.

Existen diversas actividades que el sistema de contabilidad nacional tradicional no registra y sin embargo, son importantes por su contribución a la economía del país, los señalamientos críticos que se le hacen a la contabilidad nacional relacionados con sus limitaciones para el tratamiento del medio ambiente, son<sup>31</sup>:

1. En primera instancia, ésta no considera el agotamiento ni la contaminación del medio ambiente como parte del daño al capital natural, sin embargo, si lo hace para los activos fijos a través de la depreciación.
2. Los gastos de protección al medio ambiente, se registran de manera contable como producción y no como erogaciones que se hacen para proteger el medio ambiente.

En este sentido surgen las “cuentas satélite”, las cuales permiten analizar aquellas actividades que quedan sin registro en la contabilidad nacional tradicional, en el campo ambiental, vincula las fuentes y el análisis de datos físicos con el sistema contable monetario.

En la actualización del SCN 1993, se recomienda a los países la construcción de cuentas o sistemas satélite funcionalmente orientados al estudio de actividades económicas particulares, con objeto de ampliar la capacidad analítica de la contabilidad nacional en sectores de interés, de una manera flexible y sin distorsionar el sistema central.

---

<sup>31</sup> Almagro, Francisco, Cuentas ecológicas y desarrollo sustentable. La experiencia de México, p. 59, primera edición 2009, Instituto Politécnico Nacional, México.

En general, según el INEGI, estas cuentas permiten:

1. Suministrar información adicional, de carácter funcional o de interrelaciones sectoriales
2. Utilizar conceptos, clasificaciones y normas contables complementarias o alternativas cuando así se requiere y de esta forma extender el marco de la contabilidad nacional
3. Ampliar la cobertura de los costos y beneficios de las actividades humanas
4. Propiciar el análisis de los datos mediante indicadores y agregados especiales para un campo de estudio
5. Vincular el análisis de registros físicos con el sistema contable

### **2.3.1 Conversión del PIB al PIBE**

El SCEEM, como cuenta satélite, adopta los lineamientos del SCN 1993 al momento de incorporar los recursos naturales y el ambiente al entorno económico. A través del mismo procedimiento por el que se calcula el PIB en la contabilidad tradicional, por el método de la producción y del gasto o demanda final, es posible determinar el PIBE.

El método de producción parte del PIB, 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 entra la contaminación atmosférica, de la que se encargará la presente investigación a través del producto interno bruto referido al aire (PIBEREA).

El segundo método de obtención del PIBE, es a través de los agregados de la demanda final, considerando la acumulación bruta que incluye los activos económicos producidos y no producidos ( $A_{bet}$ ), más los activos ambientales no producidos ( $A_{Kanpt}$ ). Al considerarse como activos los recursos naturales y el ambiente, en las cuentas ecológicas se le da un tratamiento similar a la de los activos económicos producidos.

En las cuentas del medio ambiente se registran dos elementos adicionales al balance de los activos económicos no producidos. El primero trata el cambio en los activos económicos no producidos ( $\Delta I_{kenpt}$ ), que es el resultado de la transferencia de activos ambientales a las actividades económicas, como por ejemplo, la transferencia de la tierra, de bosques o reservas minerales al uso en el proceso de producción.

El segundo elemento representa el agotamiento de los activos económicos no producidos ( $AG_{kenpt}$ ), se refiere a la disminución de los recursos naturales debido a su explotación y a la imposibilidad de recuperarlos.

El concepto de acumulación bruta de activos económicos ( $A_{bet}$ ) agrupa no sólo los cambios en los activos producidos y la inversión bruta ( $I_{bt}$ ), que equivale a la formación bruta de capital, sino también las modificaciones que se registran en los activos económicos no producidos:

$$A_{bet} = I_{bt} - (\Delta I_{kenpt} + AG_{kenpt})$$

El otro elemento que se incorpora a la acumulación bruta se refiere a los activos ambientales, que se corresponden con los recursos naturales no formando parte del proceso productivo, aunque se ven afectados por el mismo a través del agotamiento ( $AG_{kanpt}$ ) y la degradación ( $DG_{kanpt}$ ), además de los cambios en los activos ambientales no producidos ( $\Delta I_{kanpt}$ ). La acumulación neta de activos ambientales ( $A_{kanpt}$ ), representa los cambios o afectaciones en la calidad y cantidad de los activos ambientales:

$$A_{kanpt} = \Delta I_{kanpt} - (AG_{kanpt} + DG_{kanpt})$$

La suma de  $A_{bet}$  y  $A_{kanpt}$ , representa la acumulación bruta total, que incluye los activos económicos producidos y no producidos más el agotamiento de los recursos naturales y la degradación del ambiente.

Bajo este método, el cálculo del PIBE queda como sigue:

$$PIB = CF + FBK + X - M$$

Sustituyendo FBK por  $(A_{bet} + A_{kanpt})$

$$PIBE = C + (A_{bet} + A_{kanpt}) + (X - M)$$

En la presente investigación, se utilizará el método de producción, para calcular el producto interno bruto referido al aire (PIBEREA), restándole al PIB los costos por degradación, sólo lo referente a la contaminación atmosférica.

### 2.3.2 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 derivado de los diferentes procesos, dentro de la contabilidad nacional, el INEGI utiliza los siguientes métodos<sup>32</sup>:

**Método de la renta neta.** Asigna un valor a las unidades que son extraídas por la diferencia entre el valor de la producción, equivalente a los ingresos obtenidos por la venta, y los costos totales, incluida la mano de obra más un margen de beneficio. Esta última magnitud representa todo el trabajo en que se incurre para explotar el recurso durante toda su vida útil, calculándose a valor presente los ingresos netos esperados. El resultado se interpreta como el gasto que se requiere para mantener al recurso natural en condiciones tales que continúe

---

<sup>32</sup> INEGI, Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México, 2003-2008.

generando ingresos. Este método es aplicado principalmente en aquellos recursos que pueden agotarse, tales como áreas forestales y yacimientos minerales, entre otros.

**Método del precio neto.** Puede considerarse una variante de la renta neta. Se trata de descontar del valor de la producción bruta los costos por insumos, el consumo de capital fijo y el impuesto que se paga al fisco por la producción del tipo de producto que genera la explotación del producto. Por ejemplo, el petróleo, que es una especie de redistribución de la renta creada.

**Método del costo por uso.** Valora el recurso sobre la base del costo por el agotamiento del mismo, estimando como una parte del valor presente del ingreso neto esperado en la vida útil del recurso, con la condición de que dicha parte sea reinvertida para obtener un ingreso permanente en el futuro. Se corresponde con la parte del ingreso neto que debe reservarse en el presente para asegurar, en el momento del agotamiento total del recurso, permita generar un ingreso neto futuro en forma permanente. En este procedimiento adquiere gran importancia la tasa de descuento que se utiliza, siendo fuente de discrepancia con bastante frecuencia. Para su cálculo es necesario aplicar una tasa de descuento y conocer la vida útil de los recursos a partir de unas tasas de explotación.

**Método del costo de mantenimiento.** 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.

Es este último método, es el que se usó para el cálculo del PIBEREA de la ZMVM en el presente trabajo.

### 2.3.3 Antecedentes del cálculo del PIBE en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

El cálculo del producto interno bruto, lo realiza de manera oficial el INEGI, a través del SCEEM, dicho cálculo se hace a nivel nacional, la última publicación refiere que para el año 2008, el PIBE el 92.1% del PIB, es decir, el 8.9% del PIB, lo constituyen los costos por agotamiento de los recursos naturales y por degradación del medio ambiente, descritos en el capítulo anterior.

**Cuadro 2. Producto interno bruto y Producto interno bruto ecológico, 2003-2008 (en miles de precios corrientes)**

	PIB	PIBE	PIBE/PIB
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.

En este caso, el cálculo del 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. Dicho esfuerzo, puede observarse en el estudio académico sobre el producto interno bruto ecológico de la zona metropolitana del valle de México para los años 1998 al 2002, desarrollado por Francisco Almagro, Rosa María Rodríguez y Raúl

Figuroa, de la sección de estudios de posgrado de la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional y el INEGI<sup>33</sup>.

El estudio comprende las dieciséis delegaciones del Distrito Federal y 19 municipios del Estado de México, que según el marco geoestadístico municipal 2000 (MGM 2000) conforman la zona metropolitana del valle de México para ese año, sin embargo, sólo se contó con información para 18 municipios.

En lo relativo a la cobertura temática de la parte ambiental, el cálculo del PIBE para la ZMVM, en el estudio, tomó en cuenta lo siguiente: Disponibilidad de agua subterránea, recursos forestales maderables y cambios en el uso del suelo, erosión del suelo, contaminación del suelo por residuos sólidos municipales, contaminación de cuerpos de agua y contaminación del aire.

Los principales resultados del estudio (ver cuadro 3), apuntan que en la ZMVM, en 1998 los costos totales por agotamiento y degradación del ambiente representaban el 4.2% del PIB, para 2002, la cifra se redujo a 3.4.

**Cuadro 3. PIB y PIBE de la ZMVM, 1998-2002.**

	1998	%	2002	%
<b>Producto interno bruto</b>	1,025,218,529		1,685,684,597	
<b>Costos totales por agotamiento y degradación</b>	42,564,581	<b>4.2</b>	58,066,152	<b>3.4</b>
<b>Producto interno bruto</b>	982,653,948	<b>95.8</b>	1,627,618,445	<b>96.6</b>

Fuente: Elaboración propia con datos tomados del Estudio académico del producto interno bruto ecológico de la zona metropolitana del valle de México, 1998-2002.

En general, el estudio aboga por un trabajo multidisciplinario que permita generar datos económicos y ambientales que den soporte a la toma de decisiones. Por lo que se refiere a la obtención de datos e indicadores, los autores resaltan el hecho

<sup>33</sup> Almagro Francisco y Raúl Figuroa, 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.

de que la elaboración de cuentas del medio ambiente para una región del país de manera oficial, no tiene precedente aún incluso en América Latina, de ahí la importancia del mismo.

Respecto a la parte que a la presente investigación ocupa (ver cuadro 4), conviene mencionar el hecho de que los costos por contaminación atmosférica representan el 3% del PIB, el 70% de los costos totales por agotamiento y degradación, y el 80% de los costos totales por degradación. Esto indica que un cálculo del Producto interno bruto ecológico referido al aire (PIBEREA) representará más del 70% de los costos totales por agotamiento y degradación para la zona de estudio.

**Cuadro 4. Peso de los costos por contaminación del aire en el PIB**

	1998	1999	2000	2001	2002
% de los costos por contaminación del aire con respecto al PIB	2.9	2.9	2.6	2.5	2.5
% de los costos por contaminación del aire con respecto a los costos totales por agotamiento y degradación	69.3	70.2	69.0	70.7	71.2
% de los costos totales por contaminación del aire con respecto a los costos totales por degradación	81.2	81.2	80.0	79.3	79.2

Fuente: Fuente: Elaboración propia con datos tomados del Estudio académico del producto interno bruto ecológico de la zona metropolitana del valle de México, 1998-2002.

### **Capítulo 3. PRODUCTO INTERNO BRUTO ECOLÓGICO REFERIDO A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE (PEBEREA) EN LA ZMVM**

Este capítulo, está dedicado al cálculo del producto interno bruto referido al aire (PIBEREA). En la primera parte, se delimitará el espacio geográfico del cálculo. Se presentarán y conceptualizarán las diversas fuentes de contaminación del aire haciendo mención del estado de ellas. En el tercer apartado se mostrarán los datos a utilizar y su obtención, para finalmente proceder al cálculo y analizar los resultados.

#### **3.1 Aspectos generales de la ZMVM**

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), establecida como zona de estudio para el cálculo del 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” (Unikel, 1978)<sup>34</sup>.

A continuación se presentan algunos datos sociales y económicos de la ZMVM.

---

<sup>34</sup> Citado en Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005, CONAPO.

Dicha zona abarca una superficie de 7,732 km<sup>2</sup>, de la cual el 19% pertenece al Distrito Federal y el 81% restante, al Estado de México.

De acuerdo con las “Proyecciones de la Población de México 2005-2030” (CONAPO, 2008), para el año 2008, la ZMVM registró 19.7 millones habitantes, de los cuales el 45% (8.8 millones) pertenecen al Distrito Federal y el 55% restante (10.9 millones) residen en los 59 municipios conurbados del Estado de México.

**Cuadro 5. Delegaciones y municipios pertenecientes a la ZMVM**

<b>Delegaciones</b>	<b>Municipios del Estado de México</b>		
Álvaro Obregón	Acolman	Huehuetoca	Temamatla
Azcapotzalco	Amecameca	Hueyoptla	Temascalapa
Benito Juárez	Apaxco	Huixquilucan	Tenango del Aire
Coyoacán	Atenco	Isidro Fabela	Teoloyucán
Cuajimalpa	Atizapán de Zaragoza	Ixtapaluca	Teotihuacán
Cuauhtémoc	Atlautla	Jaltenco	Tepetlaoxtoc
Gustavo A. Madero	Axapusco	Jilotzingo	Tepetlixpa
Iztacalco	Ayapango	Juchitepec	Tepotzotlán
Iztapalapa	Coacalco de Berriozábal	La Paz	Tequixquiac
M. Contreras	Cocotitlán	Melchor Ocampo	Texcoco
Miguel Hidalgo	Coyotepec	Naucalpan de Juárez	Tezoyuca
Milpa Alta	Cuautitlán	Nextlalpan	Tlalmanalco
Tláhuac	Cuautitlán Izcalli	Nezahualcóyotl	Tlalnepantla de Baz
Tlalpan	Chalco	Nicolás Romero	Tonanitla
Venustiano Carranza	Chiautla	Nopaltepec	Tultepec
Xochimilco	Chicoloapan	Otumba	Tultitlán
	Chiconcuac	Ozumba	Valle de Chalco Solidaridad
	Chimalhuacán	Papalotla	Villa del Carbón
	Ecatepec de Morelos	San Martín de las Pirámides	Zumpango
	Ecatzingo	Tecámac	

Fuente: Elaboración propia con datos de Conapo.

En la parte económica, el aporte al PIB por parte de la ZMVM es según datos del INEGI de alrededor del 30%, lo que puede ser explicado por la localización de la industria en esa zona y que según datos de la Secretaría de Desarrollo Económico del Distrito Federal (SEDECO), esta entidad cuenta con 54 zonas industriales y además, el PIB industrial manufacturero capitalino ha registrado en los últimos años, el 14% del total nacional de esta división.

En cuanto a comercio y servicios con base en el sistema empresarial mexicano (SIEM), se sabe que para el año 2008, la ZMVM concentraba 259,811 establecimientos registrados, en donde el 95% se dedica al sector comercial y de servicios; de éstos, el 94% se clasifican como micro empresas. La participación del sector servicios en la generación del PIB es muy significativa, debido al tamaño y cantidad de actividades que concentra y genera en promedio, el 81% del PIB del Distrito Federal.

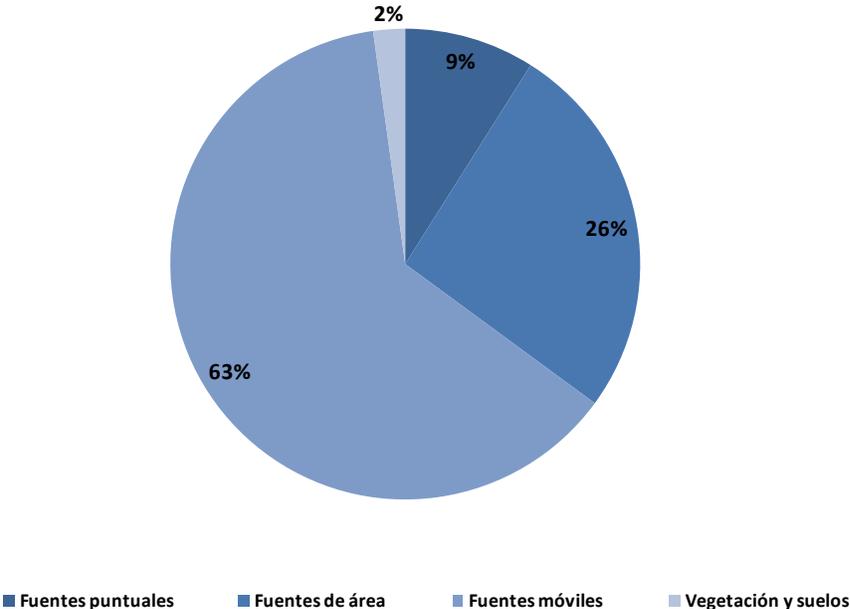
Por todas estas características y por la cantidad de población concentrada en la zona, la industria al igual que el transporte se convierte en una cuestión importante y de gran trascendencia para el tema que ocupa a la presente investigación, ya que la mayor parte de los contaminantes atmosféricos emanan precisamente de estas fuentes, lo que se abordará en el siguiente apartado.

### **3.2 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 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 ocupará 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. (Ver gráfica 4)

**Gráfica 4. Proporción de emisiones por fuente, ZMVM, 2008**



Fuente: elaboración propia con datos de la SMA del DF

Los daños a la salud humana, ocasionados por los contaminantes criterio, varían con la intensidad, la duración de la exposición a éstos, y con el nivel de salud de la población.<sup>35</sup>

En el caso de la ZMVM, según reportes de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SMA), conviene mencionar que al año 2008 se estimaron 1.56 millones de toneladas de CO. Con respecto a los NOx, se tienen más de 188 mil toneladas anuales y de éstas, el 82% es generado por las fuentes móviles. En relación a las PM10, las cuales son uno de los contaminantes de mayor problema en la ZMVM, el 47% proviene de las vialidades no pavimentadas; además, del total de PM10, el 23% se emiten como PM2.5.

De amoníaco se generaron alrededor de 20 mil toneladas anuales, teniendo a las fuentes de área como las principales emisoras, en particular por su categoría de emisiones domésticas. (Ver cuadro 6)

**Cuadro 6. Emisiones por fuente, ZMVM, 2008 (toneladas)**

Sector	Emisiones															
	PM10		PM2.5		SO2		CO		NOx		COT		COV		NH3	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes puntuales	4,986	20.5	859	15.6	3,375	50.3	6,961	0.4	20,094	10.7	134,201	14.2	129,178	21.8	181	0.9
Fuentes de área	14,678	60.4	1,643	29.9	23	0.3	9,263	0.6	12,043	6.4	581,729	61.4	241,252	40.8	15,198	75.3
Fuentes móviles	3,902	16.1	2,849	51.8	3,306	49.3	1,552,204	99.0	154,919	82.4	195,218	20.6	185,384	31.3	4,798	23.8
Vegetación y suelos	730	3.0	148	2.7	N/A	N/A	N/A	N/A	1,031	0.5	35,585	3.8	35,585	6.0	N/A	N/A
<b>Total</b>	<b>24,296</b>	<b>100</b>	<b>5,499</b>	<b>100</b>	<b>6,704</b>	<b>100</b>	<b>1,568,428</b>	<b>100</b>	<b>188,087</b>	<b>100</b>	<b>946,733</b>	<b>100</b>	<b>591,399</b>	<b>100</b>	<b>20,177</b>	<b>100</b>

Fuente: Inventario de emisiones de la ZMVM, 2008. Contaminantes criterio.

En lo que se refiere a las fuentes naturales, los COV generados por la vegetación representan el 6% del total de COV de la ZMVM y las partículas generadas por la erosión eólica, contribuyen tan sólo con el 3% del total de PM10. Sin embargo, por ser ésta una fuente natural, no se tomará en cuenta para el cálculo del PIBEREA.

<sup>35</sup> Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM, 2008. SMA del DF.

Aunque como se puede apreciar en el cuadro 7, la emisión de gases en general ha decrecido, lo cual puede atribuirse a las tecnologías implementadas tanto en la industria como en el transporte, sigue siendo necesario contar con una herramienta que permita medir la parte económica y social afectada por el tema ambiental, contribuyendo a la medición del desarrollo sostenible que abarca estos tres pilares.

**Cuadro 7. Evolución de la emisión de contaminantes en la ZMVM, 1990-2008 (toneladas/año)**

Año	PM10	SO2	CO	NOX	COT	COV
1990	41,358	70,436	4,730,297	242,471	1,016,651	876,608
1992	30,543	33,942	4,420,963	243,939	863,686	708,882
1994	30,212	26,676	3,820,866	234,872	859,108	674,195
1996	28,107	24,777	3,232,628	212,584	839,315	632,903
1998	32,520	14,780	1,792,964	185,013	737,419	513,127
2000	25,034	8,385	2,032,580	193,476	791,990	540,182
2002	23,473	8,548	1,941,656	188,262	821,014	542,572
2004	20,686	6,646	1,792,081	179,996	822,545	532,168
2006*	20,618	6,317	1,783,087	180,412	829,587	516,019
2008*	23,028	5,462	1,498,805	182,393	905,339	559,943

Fuente: Inventario de emisiones de la ZMVM. Contaminantes criterio.\*La ZMVM incluye las 16 delegaciones del Distrito Federal y 18 municipios del Estado de México para fines de comparación con los inventarios de años anteriores

### 3.3 Cálculo del PIBERA en la ZMVM 2003-2008

Para el cálculo del PIBERA se utilizó el método de producción descrito en el segundo capítulo, para lo cual fue necesario estimar el PIB de la ZMVM a partir de la información del valor agregado recogida 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 PIBERA.

### ***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 la 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  $x$  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, el método de Boot Feibes y Lisman (para mayor información sobre esta metodología consulte Boot, J.C.G., Feibes, W. and Lisman, J.H.C. (1967) "Further methods of derivation of quarterly figures from 43nual data", Applied Statistics, vol. 16, n. 1, p. 65-75). Este método puramente matemático utiliza como insumo las primeras y las segundas diferencia de la misma serie. Para aplicarlo se usó el programa Ecotrim 1.01 de Eurostat de la Comunidad Económica Europea el cual incorpora este método y otros métodos multivariantes y univariantes (ver Anexo I). Los resultados para dicha estimación se observan en los cuadros 8, 9 y 10)

**Cuadro 8. Emisiones de Fuentes Puntuales para la ZMVM, 2000-2008 (toneladas)**

año	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	COV	NH3
2000	2,809	572	10,288	10,004	24,717	22,794	22,010	216
2001	3,528	591	6,934	8,442	22,130	49,364	46,541	220.5
2002	4,246	610	3,579	6,880	19,543	75,933	71,072	225
2003	4,081	631	3,432	6,662	19,640	97,840	92,587	210.5
2004	3,916	651	3,284	6,443	19,737	119,746	114,101	196
2005	4,393	739	3,420	6,540	20,496	115,978	110,547	200
2006	4,869	826	3,555	6,637	21,255	112,209	106,992	204
2007	4,928	843	3,465	6,799	20,675	123,205	118,085	192.5
2008	4,986	859	3,375	6,961	20,094	134,201	129,178	181

Fuente: Elaboración propia con datos de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2000-2008 y estimaciones para los años 2001, 2003, 2005 y 2007

**Cuadro 9. Emisiones de Fuentes Móviles para la ZMVM, 2000-2008 (toneladas)**

año	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	COV	NH3
2000	5,287	4,589	4,348	2,018,788	157,239	210,816	194,517	2,261
2001	4,866	4,054	4,639	1,972,945	156,775	207,582	191,524	2,867
2002	4,444	3,518	4,929	1,927,101	156,311	204,347	188,530	3,472
2003	4,606	3,633	4,125	1,852,504	152,141	201,242	186,215	3,624
2004	4,768	3,748	3,321	1,777,907	147,971	198,136	183,899	3,775
2005	5,008	3,792	3,323	1,877,353	153,756	203,490	188,597	4,063
2006	5,248	3,835	3,324	1,976,799	159,541	208,843	193,294	4,351
2007	4,575	3,342	3,315	1,764,502	157,230	202,031	189,339	4,575
2008	3,902	2,849	3,306	1,552,204	154,919	195,218	185,384	4,798

Fuente: Elaboración propia con datos de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2000-2008 y estimaciones para los años 2001, 2003, 2005 y 2007

**Cuadro 10. Emisiones de Fuentes de Área para la ZMVM, 2000-2008. (toneladas)**

	PM10	PM2.5	SO2	CO	NOx	COT	COV	NH3
2000	509	492	45	6,633	10,636	418,586	197,803	12,969
2001	6,645	1,343	43	7,123	11,227	415,509	205,829	13,103
2002	12,781	2,193	40	7,612	11,818	412,432	213,854	13,236
2003	11,791	2,078	41	7,672	11,740	449,745	215,208	13,390
2004	10,801	1,962	41	7,731	11,662	487,057	216,562	13,543
2005	11,467	1,664	38	7,551	12,154	512,045	227,428	14,462
2006	12,133	1,366	34	7,370	12,645	537,032	238,294	15,381
2007	13,406	1,505	29	8,317	12,344	559,381	239,773	15,290
2008	14,678	1,643	23	9,263	12,043	581,729	241,252	15,198

Fuente: Elaboración propia con datos de los inventarios de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2000-2008 y estimaciones para los años 2001, 2003, 2005 y 2007

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 utilizará 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, basando su análisis en las principales fuerzas motrices que determinan la generación de contaminantes atmosféricos, como el crecimiento de la población, el crecimiento económico, la expansión de la mancha urbana y los patrones de uso del suelo, el crecimiento de la flota vehicular, los índices de motorización, las políticas ambientales, el consumo de energía y la calidad de los combustibles entre otros. Analiza además, la generación de contaminantes en los diferentes sectores de actividad de la ZMVM, así como la tendencia que éstos muestran. A partir de ello se proponen una serie de medidas cuyo objetivo principal es la reducción de emisiones.

Las medidas escogidas para valorizar las emisiones de contaminantes para realizar el cálculo del PIBERA, se enumeran en el cuadro 11, con ellas, se calcula el costo en pesos por tonelada de emisión.

**Cuadro 11. Medidas para la reducción de emisiones en la ZMVM, proaire 2002-2010.**

INDUSTRIA (Fuentes puntuales)							
Proyecto	Tecnología	Costo de aplicación del proyecto(dólares)	Impacto esperado en reducción de emisiones				
			NOx	HC	SO2	CO	Partículas
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
VEHÍCULOS Y TRANSPORTE (Fuentes móviles)							
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 RETROFIT (mano de obra), costo RETROFIT (Módulo, sensor, arnes y válvula) y el costo del convertidor catalítico.	7,600,000			6,801		
SERVICIOS Y HOGARES (Fuentes de área)							
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

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 12, 13 y 14)

**Cuadro 12. Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes puntuales para la ZMVM**

año	PST	PST	CO	NOx	HC
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 2002-1010.

**Cuadro 13. Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes móviles para la ZMVM**

año	PST	PST	SO2	NOx	HC
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	127,500	127,500	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 2002-1010.

**Cuadro 14. Costo peso-tonelada por emisión de las fuentes de área para la ZMVM**

año	HC
2003	49,213
2004	53,281
2005	55,058
2006	57,791
2007	60,512
2008	48,860

Estimaciones con datos de PROAIRE 2002-1010.

Los costos obtenidos se multiplicaron por las toneladas de emisiones emitidas por fuente y por área (cuadro 15) 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* ( $Cd_{g_{aire}}$ ) para ese año.

**Cuadro 15. 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***

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 16).

**Cuadro 16. PIB de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2003-2008**

	PIB a precios constantes 2003			PIB a precios corrientes		
	PIB Distrito Federal	PIB de los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM	PIB de la ZMVM	PIB Distrito Federal	PIB de los municipios del Estado de México que pertenecen a la ZMVM	PIB de la ZMVM
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. Como se abordó en el segundo capítulo, 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  $Cdg_{aire}$ :

$$PIBEREA = PIB_{ZMVM} - (Cdg_{aire})$$

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. Los cálculos para cada año en miles de pesos son los siguientes:

$$PIBEREA_{2003} = 1,783,065,190 - 58,642,700$$

$$PIBEREA_{2003} = 1,724,422,490$$

$$PIBEREA_{2004} = 1,997,321,616 - 64,474,093$$

$$PIBEREA_{2004} = 1,932,847,523$$

$$PIBEREA_{2005} = 2,130,896,737 - 69,564,346$$

$$PIBEREA_{2005} = 2,061,332,391$$

$$PIBEREA_{2006} = 2,349,791,774 - 76,154,238$$

$$PIBEREA_{2006} = 2,273,637,536$$

$$PIBEREA_{2007} = 2,544,218,662 - 80,525,990$$

$$PIBEREA_{2007} = 2,463,692,672$$

$$PIBEREA_{2008} = 2,076,891,491 - 53,993,857$$

$$PIBEREA_{2008} = 2,022,897,635$$

### 3.4 Análisis de los resultados

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 17).

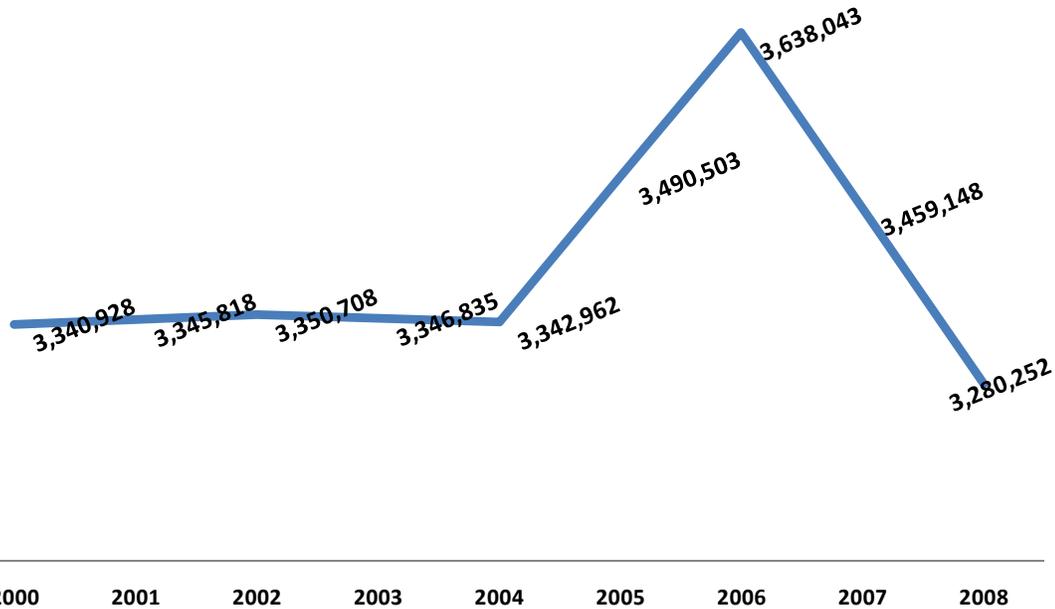
Para el año 2003 los costos por degradación del aire en la zona metropolitana representaban un 3.29% del PIB, es decir, si se invirtiera esta cantidad en tecnología que controle las emisiones atmosféricas, se dejaría de contaminar, ya que ese 3.29% incluye la emisión total de gases. Para los años 2004 a 2007, el porcentaje oscila entre 3.23% y 3.17%, sin embargo, para el año 2008, la proporción disminuyó a 2.60%, lo que se observa también en la emisión total de contaminantes criterios en la ZMVM. (ver gráfica 5).

**Cuadro 17. Costos por contaminación del aire respecto al PIB de la ZMVM, 2003-2008**

año	PIBEREA ZMVM (precios corrientes)	% costos por degradación respecto al PIB de la ZMVM
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.

**Gráfica 5. Evolución de las emisiones de contaminantes criterio en la ZMVM (toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de los inventarios de emisiones de la ZMVM, 2000-2008.

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 18).

**Cuadro 18. Proporción entre el PIB y el PIBE para México, 2003-2008**

año	CTADA/PIB	PIBE/PIB
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%

Fuente: SCEEM, 2003-2008.

El comportamiento descendente de los costos y la generación de emisiones pueden atribuirse a la mejora en la tecnología de control de contaminación atmosférica, ya que variables relacionadas a la generación de éstas como el consumo de combustible, el consumo de energía, la adquisición de nuevos autos, etc. siguen aumentando. A nivel nacional, el aumento en energía per cápita puede observarse en la gráfica 6.

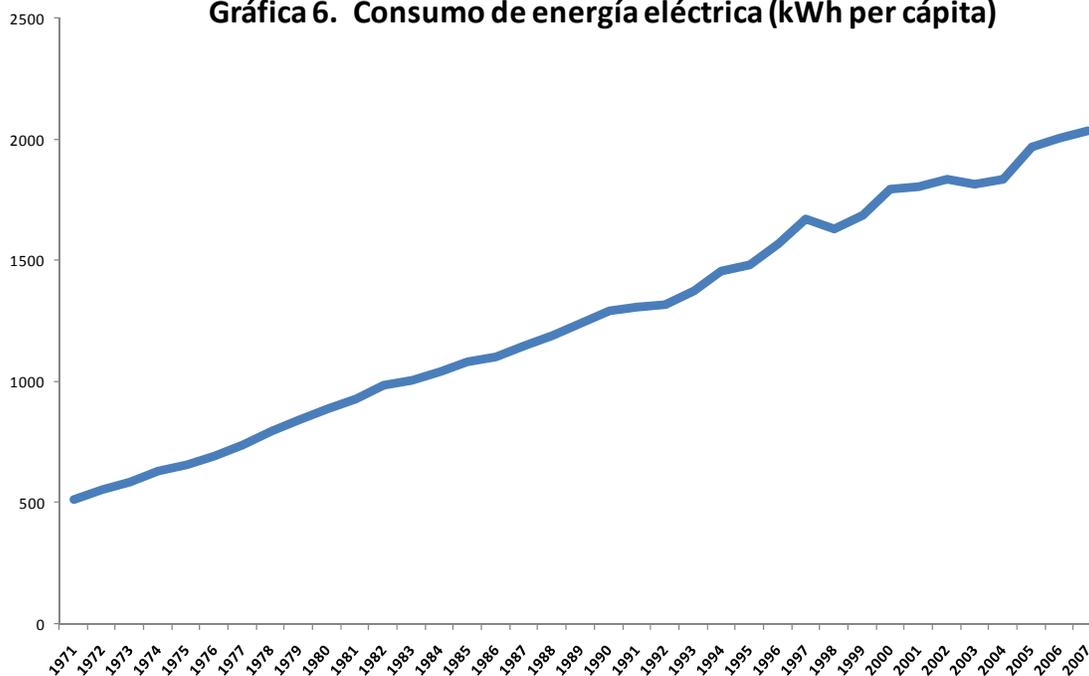
Incluso a nivel Latinoamérica, en la publicación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el análisis que hace en su publicación sobre indicadores ambientales de América Latina y el Caribe, 2009 observa que la relación entre las emisiones de carbono (sin considerar el cambio de uso de suelo) y el producto interno bruto (PIB) regional tiende a disminuir.<sup>36</sup>

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 6 y a nivel ZMVM en el inventario de emisiones de contaminantes criterio 2008 el aumento en el consumo de energía se atribuye al sector transporte, reflejo del constante crecimiento de la flota vehicular, sin embargo, ya que el resto de los sectores se han mantenido con ligeras variaciones anuales, (ver cuadro 19).

---

<sup>36</sup> Indicadores ambientales de América Latina y el Caribe, 2009, cuadernos estadísticos 38, CEPAL.

**Gráfica 6. Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)**



Fuente: Banco Mundial.

**Cuadro 19. Consumo energético histórico de la ZMYM, 1990-2008.**

Año	Consumo [Petajulios]	Consumo (%)			
		Transporte	Industria	Residencial	Servicios
1990	443	55.2	29.6	12.7	2.6
1991	433	56.9	27.5	13	2.6
1992	433	58.2	24.3	14.7	2.8
1993	475	56.5	28	13.1	2.5
1994	501	53	30.8	13.7	2.5
1995	493	53.8	30	13.8	2.5
1996	491	53.8	30.3	13.5	2.3
1997	478	56.3	27.1	13.8	2.8
1998	491	56	27.7	13.5	2.8
1999	488	56.1	28.4	12.5	3
2000	497	57.5	26.4	12.9	3.2
2001	500	57.6	26.6	12.4	3.4
2002	515	57	27.1	12.2	3.7
2003	513	56.3	27.1	13.1	3.5
2004	539	59.1	24.7	13	3.1
2005	527	56.9	26.7	13.2	3.1
2006	545	57.3	27	12.8	2.9
2007	569	59.1	24.4	13.4	3.1
2008	576	59.8	23.9	13.3	3

Fuente: Tomado del inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMYM 2008

## CONCLUSIONES

Las conclusiones que se desprenden de la presente investigación resultan importantes para entender el vínculo que guarda la economía con el medio ambiente, a través del concepto de desarrollo sostenible. Se identificaron los espacios que se han formado en el intento por medir dicho concepto, a partir de lo cual se materializó la propuesta del cálculo del producto interno bruto ecológico para la zona escogida en este trabajo. Las principales conclusiones son las siguientes:

El concepto de desarrollo sostenible nació en la década de los setenta y surge por los marcados problemas ambientales presentados durante ese periodo, lo que llevó a cuestionarse, si en verdad el desarrollo, principalmente económico, que se había estado forjando un par de décadas atrás, tenía las mismas implicaciones en los tres pilares sobre los cuáles descansa el llamado desarrollo sostenible: la parte económica, social y ambiental.

La literatura que versa sobre el desarrollo sostenible se ha basado en diferentes enfoques, puede observarse por lo tanto la necesidad de delimitar su campo y llegar a un consenso de definición con el fin de fortalecer sus alcances en los tres campos que lo componen.

Como consecuencia de la falta de ponderación que indique el peso que debe tener cada pilar que soporta el concepto del desarrollo sostenible (económico, social y ambiental) las herramientas que hasta hoy han surgido y que intentan medirlo, se enfocan sólo a la parte ambiental y social y dejan de lado el aspecto económico (el cual se piensa va intrínseco) o viceversa, sin llegar a un consenso de medición en cada una de sus partes.

Las herramientas enfocadas sólo a la medición de uno o dos pilares del desarrollo sostenible, muestran mayor claridad en sus resultados (ejemplo: huella ecológica), a diferencia de las herramientas tipo índice que integran una serie de variables de la parte económica, social y ambiental ponderadas de la misma forma, y que por consiguiente poco explican el estado real del desarrollo sostenible debido en parte a la heterogeneidad de los sistemas medidos.

La propuesta de medición presentada en este trabajo, el producto interno bruto ecológico referido a la contaminación del aire en la zona metropolitana del valle de México, vincula la parte económica y ambiental del desarrollo sostenible, y muestra la estimación de los costos en los que se incurriría para evitar o restablecer el deterioro del aire en la zona.

La importancia de este cálculo radica en el hecho de que representa un esfuerzo en la elaboración de estadísticas medioambientales en el campo de la contabilidad nacional a un nivel de desagregación importante, que sin duda alguna funciona como una fuerte herramienta de apoyo a las decisiones de política en la materia.

Los principales resultados del cálculo muestran que el costo por reducir las emisiones de contaminantes en la zona van de un 3.9% del PIB en el año 2003 a un 2.6% del PIB en el año 2008. Sin embargo, 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.

Como puede observarse, 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.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMAGRO, Francisco 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.
- , Francisco, 2009, Cuentas ecológicas y desarrollo sustentable. La experiencia de México, primera edición, Instituto Politécnico Nacional, México.
- ASTUDILLO, Marcela y Hugo Aragón Rodríguez, 2008, Reflexiones en torno a la Hacienda Pública y la protección del Medio Ambiente, El caso de México, Eseconomía, número 20, octubre-diciembre.
- BIFANI, Paolo. (1993). "Desarrollo sostenible, población y pobreza: algunas reflexiones conceptuales". Educación ambiental y universidad, México, Universidad de Guadalajara.
- BIFANI, Paolo. (1993). "Desarrollo sostenible, población y pobreza: algunas reflexiones conceptuales". Educación ambiental y universidad, México, Universidad de Guadalajara.
- BOOT, J.C.G., Feibes, W. and Lisman, J.H.C. (1967) "Further methods of derivation of quarterly figures from annual data", Applied Statistics, vol. 16, n. 1
- 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.
- CEPAL, Indicadores ambientales de América Latina y el Caribe, 2009, cuadernos estadísticos 38.
- 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).
- CONAPO, Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005.

- CONSTANZA, R. (1994), "Three general policies to achieve sustainability", Investing in natural capital: the ecological economics approach to sustainability, Island Press, Washington, D.C.
- , Robert, d'Arge, Ralph, et. al., The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, vol. 387, 15 de mayo de 1999.
- DE SERPA, Allan C., 1993, "Pigou and Coase in retrospect", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 17 (1), marzo, pp. 27-50.
- EWING, Brad, Goldfinger, Steve, et. al., *Ecological Footprint Atlas*, 2009, Global Footprint Network, 24 de noviembre, 2009.
- FIELD, Barry, *Economía Ambiental Una introducción*, McGraw-Hill Interamericana S.A., 1995.
- FOLADORI, GUILLERMO (2001), *Controversias sobre Sustentabilidad La coevolución sociedad-naturaleza*, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México, Miguel Ángel Porrúa, UAZ, COBAEZ. Disponible en <http://www.estudiosdeldesarrollo.net>
- , GUILLERMO y Pierri, Naína (Coord.), 2005, *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*, Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México, Miguel Ángel Porrúa, UAZ, Cámara de Diputados LIX Legislatura. Disponible en <http://www.estudiosdeldesarrollo.net>
- , Guillermo, *Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales*, *Ambiente y Sociedad*, año II, No.5, segundo semestre de 1999.
- FOSTER, John B., 1994, "La ecología de Marx", España, Ediciones de intervención cultural/ el viejo topo, 2000.
- GALLOPÍN, alan, *Economía ambiental un análisis crítico*, Alfa omega grupo editor, agosto, 2003.
- , Gilberto, *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*, *Medio Ambiente y desarrollo*, serie 64, CEPAL, Santiago de Chile, mayo de 2003.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas, 1971, "La ley de la Entropía y el problema económico", Fondo de cultura económica, México, 1991.

- GLIGO V., Nicolo, 2006, "Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después", serie medio ambiente y desarrollo, CEPAL, no. 126, Santiago de Chile, mayo.
- , N. (1987), "Política, sustentabilidad ambiental y evaluación patrimonial", Pensamiento Iberoamericano, núm. 12.
- GONZÁLEZ-DÁVILA, Germán, 2004, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Economía Informa "los Retos del Medio Ambiente", número 328, julio-agosto.
- GUDYNAS, Eduardo, 2004, "Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible, Montevideo, Biblioteca latinoamericana en ecología política, 5ta edición.
- GUIMARAES, R. (2003), "El desarrollo sustentable: ¿Propuesta alternativa o retórica neoliberal?" CEPAL, Versión resumida de la ponencia: "El papel del Estado en una estrategia de desarrollo sustentable" presentada en el Foro sobre Desarrollo Sostenible y la Reforma del estado en América Latina y el Caribe, Colegio de México / CEPAL, 11-13 de abril de 1994.
- HOTELLING H. (1931), "The economics of exhaustible resources", The Journal of Political Economy, vol. 39, no. 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.
- Informe de la calidad del aire en la zona metropolitana del valle de México: estado y tendencias 1990-2007, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, primera edición, 2008.
- Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2000
- Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2002
- Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2004
- Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2006
- Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la ZMVM 2008
- LEFF, Enrique, 1986, "Ecología y capital. Racionalidad ambiental, democracia participativa y desarrollo sustentable", México, siglo XXI editores, séptima edición, 2007.

- , Enrique, Ezcurra, Exequiel y otros (compiladores), La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América latina y el Caribe, Instituto Nacional de Ecología, 2002.
- LÉLÉ, S.M., 1991, "Sustainable Development: a critical review", World Development, vol. 19(6).
- 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>
- MARTÍNEZ A. JOAN, y Roca Jusment, Jordi, 2000, Economía Ecológica y Política ambiental, México, Fondo de cultura económica, 2da edición, 2001.
- ALIER, J. (ed). (1995): Los principios de la Economía Ecológica. Madrid. Fundación Argentaria- Visor distribuciones.
- Alier, J.; Schlüpmann, K., La ecología y la economía, Fondo de Cultura Económica , Textos de economía, México, 1991.
- MEADOWS, Dennis, et.al., 1972, Los límites al crecimiento. (Trad. De Víctor Urquidí), Club de Roma, México, FCE, 1975.
- MICHELI, Jordy, Política ambiental en México y su dimensión regional, Región y Sociedad, volumen XIV, núm. 23, 2002.
- MUÑOZ Villareal, Carlos, Economía, sociedad y medio ambiente, Semarnat, México, 2002.
- Programa para mejorar la calidad del aire en la zona metropolitana del valle de México, 1990-2010. Comisión ambiental metropolitana.
- PROVENCIO, Enrique, 2004, Política y Gestión Ambiental Contemporánea en México, Economía Informa "los Retos del Medio Ambiente", número 328, julio-agosto.
- QUADRI de la Torre, Gabriel, Metodologías de estimación del gasto ambiental, Instituto Nacional de Ecología, diciembre, 2002.
- QUIROGA, Rayén, Indicadores ambientales y desarrollo sostenible: Avances y perspectivas para América Latina y el Caribe, CEPAL, Serie 55, Santiago de Chile, diciembre de 2007.

Sistema de cuentas nacionales de México, cuentas de bienes y servicios, 2003-2007, base 2003, Tomo I, INEGI.

Sistema de cuentas nacionales de México, Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México, 2003-2006, base 2003. INEGI.

STIGLITZ, Joseph, Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths, the review of economic studies, vol. 41, Symposium on the economics of exhaustible resources, 1974.

WACKERNAGEL, Mathis y Rees, William, 1999, Nuestra huella ecológica: Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. IEP/Lom Ediciones, Santiago, 2001.

Páginas electrónicas:

<http://www.footprintnetwork.org>

<http://www.yale.edu/esi/>

<http://www.bancomundial.org/>

<http://www.estudiosdeldesarrollo.net>

<http://www.esp.org>

# **ANEXOS**

**Anexo I.** Memoria de cálculo de las series de emisión de gases utilizando el programa Ecotrim 1.01

**Fuentes de área**

Carbono (CO)

**CO StockL Boot,Feibes,Lisman FD**

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	1552204.00	0.00	0.00	1552204.00	1552204.00	ND	ND
01/07/2000	1552204.00	0.00	0.00	1552204.00	1552204.00	0.00	ND
01/01/2001	1764501.50	0.00	0.00	1764501.50	1764501.50	13.68	13.68
01/07/2001	1976799.00	0.00	0.00	1976799.00	1976799.00	12.03	27.35
01/01/2002	1877353.00	0.00	0.00	1877353.00	1877353.00	-5.03	6.40
01/07/2002	1777907.00	0.00	0.00	1777907.00	1777907.00	-5.30	-10.06
01/01/2003	1852504.00	0.00	0.00	1852504.00	1852504.00	4.20	-1.32
01/07/2003	1927101.00	0.00	0.00	1927101.00	1927101.00	4.03	8.39
01/01/2004	1972944.50	0.00	0.00	1972944.50	1972944.50	2.38	6.50
01/07/2004	2018788.00	0.00	0.00	2018788.00	2018788.00	2.32	4.76

**Component Disaggregation Consistency Check**

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	1552204.00	1552204.00	0.00
2001	1976799.00	1976799.00	0.00
2002	1777907.00	1777907.00	0.00
2003	1927101.00	1927101.00	0.00
2004	2018788.00	2018788.00	0.00

Compuestos orgánicos totales (COT)

**COT StockL Boot,Feibes,Lisman FD**

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	195218.00	0.00	0.00	195218.00	195218.00	ND	ND
01/07/2000	195218.00	0.00	0.00	195218.00	195218.00	0.00	ND
01/01/2001	202030.50	0.00	0.00	202030.50	202030.50	3.49	3.49
01/07/2001	208843.00	0.00	0.00	208843.00	208843.00	3.37	6.98
01/01/2002	203489.50	0.00	0.00	203489.50	203489.50	-2.56	0.72
01/07/2002	198136.00	0.00	0.00	198136.00	198136.00	-2.63	-5.13
01/01/2003	201241.50	0.00	0.00	201241.50	201241.50	1.57	-1.10
01/07/2003	204347.00	0.00	0.00	204347.00	204347.00	1.54	3.13
01/01/2004	207581.50	0.00	0.00	207581.50	207581.50	1.58	3.15
01/07/2004	210816.00	0.00	0.00	210816.00	210816.00	1.56	3.17

**Component Disaggregation Consistency Check**

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	195218.00	195218.00	0.00
2001	208843.00	208843.00	0.00
2002	198136.00	198136.00	0.00
2003	204347.00	204347.00	0.00
2004	210816.00	210816.00	0.00

### Amoniaco (NH3)

#### NH3 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	4798.00	0.00	0.00	4798.00	4798.00	ND	ND
01/07/2000	4798.00	0.00	0.00	4798.00	4798.00	0.00	ND
01/01/2001	4574.50	0.00	0.00	4574.50	4574.50	-4.66	-4.66
01/07/2001	4351.00	0.00	0.00	4351.00	4351.00	-4.89	-9.32
01/01/2002	4063.00	0.00	0.00	4063.00	4063.00	-6.62	-11.18
01/07/2002	3775.00	0.00	0.00	3775.00	3775.00	-7.09	-13.24
01/01/2003	3623.50	0.00	0.00	3623.50	3623.50	-4.01	-10.82
01/07/2003	3472.00	0.00	0.00	3472.00	3472.00	-4.18	-8.03
01/01/2004	2866.50	0.00	0.00	2866.50	2866.50	-17.44	-20.89
01/07/2004	2261.00	0.00	0.00	2261.00	2261.00	-21.12	-34.88

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	4798.00	4798.00	0.00
2001	4351.00	4351.00	0.00
2002	3775.00	3775.00	0.00
2003	3472.00	3472.00	0.00
2004	2261.00	2261.00	0.00

### Partículas suspendidas (PM2.5)

#### PM2.5 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	2849.00	0.00	0.00	2849.00	2849.00	ND	ND
01/07/2000	2849.00	0.00	0.00	2849.00	2849.00	0.00	ND
01/01/2001	3342.00	0.00	0.00	3342.00	3342.00	17.30	17.30
01/07/2001	3835.00	0.00	0.00	3835.00	3835.00	14.75	34.61
01/01/2002	3791.50	0.00	0.00	3791.50	3791.50	-1.13	13.45
01/07/2002	3748.00	0.00	0.00	3748.00	3748.00	-1.15	-2.27
01/01/2003	3633.00	0.00	0.00	3633.00	3633.00	-3.07	-4.18
01/07/2003	3518.00	0.00	0.00	3518.00	3518.00	-3.17	-6.14
01/01/2004	4053.50	0.00	0.00	4053.50	4053.50	15.22	11.57
01/07/2004	4589.00	0.00	0.00	4589.00	4589.00	13.21	30.44

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	2849.00	2849.00	0.00
2001	3835.00	3835.00	0.00
2002	3748.00	3748.00	0.00
2003	3518.00	3518.00	0.00
2004	4589.00	4589.00	0.00

## Dióxido de azufre (SO2)

### SO2 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	3306.00	0.00	0.00	3306.00	3306.00	ND	ND
01/07/2000	3306.00	0.00	0.00	3306.00	3306.00	0.00	ND
01/01/2001	3315.00	0.00	0.00	3315.00	3315.00	0.27	0.27
01/07/2001	3324.00	0.00	0.00	3324.00	3324.00	0.27	0.54
01/01/2002	3322.50	0.00	0.00	3322.50	3322.50	-0.05	0.23
01/07/2002	3321.00	0.00	0.00	3321.00	3321.00	-0.05	-0.09
01/01/2003	4125.00	0.00	0.00	4125.00	4125.00	24.21	24.15
01/07/2003	4929.00	0.00	0.00	4929.00	4929.00	19.49	48.42
01/01/2004	4638.50	0.00	0.00	4638.50	4638.50	-5.89	12.45
01/07/2004	4348.00	0.00	0.00	4348.00	4348.00	-6.26	-11.79

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	3306.00	3306.00	0.00
2001	3324.00	3324.00	0.00
2002	3321.00	3321.00	0.00
2003	4929.00	4929.00	0.00
2004	4348.00	4348.00	0.00

## Compuestos orgánicos volátiles (COV)

### COV StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	185384.00	0.00	0.00	185384.00	185384.00	ND	ND
01/07/2000	185384.00	0.00	0.00	185384.00	185384.00	0.00	ND
01/01/2001	189339.00	0.00	0.00	189339.00	189339.00	2.13	2.13
01/07/2001	193294.00	0.00	0.00	193294.00	193294.00	2.09	4.27
01/01/2002	188596.50	0.00	0.00	188596.50	188596.50	-2.43	-0.39
01/07/2002	183899.00	0.00	0.00	183899.00	183899.00	-2.49	-4.86
01/01/2003	186214.50	0.00	0.00	186214.50	186214.50	1.26	-1.26
01/07/2003	188530.00	0.00	0.00	188530.00	188530.00	1.24	2.52
01/01/2004	191523.50	0.00	0.00	191523.50	191523.50	1.59	2.85
01/07/2004	194517.00	0.00	0.00	194517.00	194517.00	1.56	3.18

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	185384.00	185384.00	0.00
2001	193294.00	193294.00	0.00
2002	183899.00	183899.00	0.00
2003	188530.00	188530.00	0.00
2004	194517.00	194517.00	0.00

## Óxidos de nitrógeno (NOX)

### NOx StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	154919.00	0.00	0.00	154919.00	154919.00	ND	ND
01/07/2000	154919.00	0.00	0.00	154919.00	154919.00	0.00	ND
01/01/2001	157230.00	0.00	0.00	157230.00	157230.00	1.49	1.49
01/07/2001	159541.00	0.00	0.00	159541.00	159541.00	1.47	2.98
01/01/2002	153756.00	0.00	0.00	153756.00	153756.00	-3.63	-2.21
01/07/2002	147971.00	0.00	0.00	147971.00	147971.00	-3.76	-7.25
01/01/2003	152141.00	0.00	0.00	152141.00	152141.00	2.82	-1.05
01/07/2003	156311.00	0.00	0.00	156311.00	156311.00	2.74	5.64
01/01/2004	156775.00	0.00	0.00	156775.00	156775.00	0.30	3.05
01/07/2004	157239.00	0.00	0.00	157239.00	157239.00	0.30	0.59

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	154919.00	154919.00	0.00
2001	159541.00	159541.00	0.00
2002	147971.00	147971.00	0.00
2003	156311.00	156311.00	0.00
2004	157239.00	157239.00	0.00

## Partículas suspendidas (PM10)

### PM10 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	3902.00	0.00	0.00	3902.00	3902.00	ND	ND
01/07/2000	3902.00	0.00	0.00	3902.00	3902.00	0.00	ND
01/01/2001	4575.00	0.00	0.00	4575.00	4575.00	17.25	17.25
01/07/2001	5248.00	0.00	0.00	5248.00	5248.00	14.71	34.50
01/01/2002	5008.00	0.00	0.00	5008.00	5008.00	-4.57	9.46
01/07/2002	4768.00	0.00	0.00	4768.00	4768.00	-4.79	-9.15
01/01/2003	4606.00	0.00	0.00	4606.00	4606.00	-3.40	-8.03
01/07/2003	4444.00	0.00	0.00	4444.00	4444.00	-3.52	-6.80
01/01/2004	4865.50	0.00	0.00	4865.50	4865.50	9.48	5.63
01/07/2004	5287.00	0.00	0.00	5287.00	5287.00	8.66	18.97

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	3902.00	3902.00	0.00
2001	5248.00	5248.00	0.00
2002	4768.00	4768.00	0.00
2003	4444.00	4444.00	0.00
2004	5287.00	5287.00	0.00

## Fuentes móviles

### Carbono (CO)

#### CO StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	9263.00	0.00	0.00	9263.00	9263.00	ND	ND
01/07/2000	9263.00	0.00	0.00	9263.00	9263.00	0.00	ND
01/01/2001	8316.50	0.00	0.00	8316.50	8316.50	-10.22	-10.22
01/07/2001	7370.00	0.00	0.00	7370.00	7370.00	-11.38	-20.44
01/01/2002	7550.50	0.00	0.00	7550.50	7550.50	2.45	-9.21
01/07/2002	7731.00	0.00	0.00	7731.00	7731.00	2.39	4.90
01/01/2003	7671.50	0.00	0.00	7671.50	7671.50	-0.77	1.60
01/07/2003	7612.00	0.00	0.00	7612.00	7612.00	-0.78	-1.54
01/01/2004	7122.50	0.00	0.00	7122.50	7122.50	-6.43	-7.16
01/07/2004	6633.00	0.00	0.00	6633.00	6633.00	-6.87	-12.86

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	9263.00	9263.00	0.00
2001	7370.00	7370.00	0.00
2002	7731.00	7731.00	0.00
2003	7612.00	7612.00	0.00
2004	6633.00	6633.00	0.00

### Compuestos orgánicos totales (COT)

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	581729.00	0.00	0.00	581729.00	581729.00	ND	ND
01/07/2000	581729.00	0.00	0.00	581729.00	581729.00	0.00	ND
01/01/2001	559380.50	0.00	0.00	559380.50	559380.50	-3.84	-3.84
01/07/2001	537032.00	0.00	0.00	537032.00	537032.00	-4.00	-7.68
01/01/2002	512044.50	0.00	0.00	512044.50	512044.50	-4.65	-8.46
01/07/2002	487057.00	0.00	0.00	487057.00	487057.00	-4.88	-9.31
01/01/2003	449744.50	0.00	0.00	449744.50	449744.50	-7.66	-12.17
01/07/2003	412432.00	0.00	0.00	412432.00	412432.00	-8.30	-15.32
01/01/2004	415509.00	0.00	0.00	415509.00	415509.00	0.75	-7.61
01/07/2004	418586.00	0.00	0.00	418586.00	418586.00	0.74	1.49

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	581729.00	581729.00	0.00
2001	537032.00	537032.00	0.00
2002	487057.00	487057.00	0.00
2003	412432.00	412432.00	0.00
2004	418586.00	418586.00	0.00

### Amoniaco (NH3)

#### NH3 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	15198.00	0.00	0.00	15198.00	15198.00	ND	ND
01/07/2000	15198.00	0.00	0.00	15198.00	15198.00	0.00	ND
01/01/2001	15289.50	0.00	0.00	15289.50	15289.50	0.60	0.60
01/07/2001	15381.00	0.00	0.00	15381.00	15381.00	0.60	1.20
01/01/2002	14462.00	0.00	0.00	14462.00	14462.00	-5.97	-5.41
01/07/2002	13543.00	0.00	0.00	13543.00	13543.00	-6.35	-11.95
01/01/2003	13389.50	0.00	0.00	13389.50	13389.50	-1.13	-7.42
01/07/2003	13236.00	0.00	0.00	13236.00	13236.00	-1.15	-2.27
01/01/2004	13102.50	0.00	0.00	13102.50	13102.50	-1.01	-2.14
01/07/2004	12969.00	0.00	0.00	12969.00	12969.00	-1.02	-2.02

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	15198.00	15198.00	0.00
2001	15381.00	15381.00	0.00
2002	13543.00	13543.00	0.00
2003	13236.00	13236.00	0.00
2004	12969.00	12969.00	0.00

### Partículas suspendidas (PM2.5)

#### PM2.5 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	1643.00	0.00	0.00	1643.00	1643.00	ND	ND
01/07/2000	1643.00	0.00	0.00	1643.00	1643.00	0.00	ND
01/01/2001	1504.50	0.00	0.00	1504.50	1504.50	-8.43	-8.43
01/07/2001	1366.00	0.00	0.00	1366.00	1366.00	-9.21	-16.86
01/01/2002	1664.00	0.00	0.00	1664.00	1664.00	21.82	10.60
01/07/2002	1962.00	0.00	0.00	1962.00	1962.00	17.91	43.63
01/01/2003	2077.50	0.00	0.00	2077.50	2077.50	5.89	24.85
01/07/2003	2193.00	0.00	0.00	2193.00	2193.00	5.56	11.77
01/01/2004	1342.50	0.00	0.00	1342.50	1342.50	-38.78	-35.38
01/07/2004	492.00	0.00	0.00	492.00	492.00	-63.35	-77.56

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	1643.00	1643.00	0.00
2001	1366.00	1366.00	0.00
2002	1962.00	1962.00	0.00
2003	2193.00	2193.00	0.00
2004	492.00	492.00	0.00

## Dióxido de azufre (SO2)

### SO2 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	23.00	0.00	0.00	23.00	23.00	ND	ND
01/07/2000	23.00	0.00	0.00	23.00	23.00	0.00	ND
01/01/2001	28.50	0.00	0.00	28.50	28.50	23.91	23.91
01/07/2001	34.00	0.00	0.00	34.00	34.00	19.30	47.83
01/01/2002	37.50	0.00	0.00	37.50	37.50	10.29	31.58
01/07/2002	41.00	0.00	0.00	41.00	41.00	9.33	20.59
01/01/2003	40.50	0.00	0.00	40.50	40.50	-1.22	8.00
01/07/2003	40.00	0.00	0.00	40.00	40.00	-1.23	-2.44
01/01/2004	42.50	0.00	0.00	42.50	42.50	6.25	4.94
01/07/2004	45.00	0.00	0.00	45.00	45.00	5.88	12.50

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	23.00	23.00	0.00
2001	34.00	34.00	0.00
2002	41.00	41.00	0.00
2003	40.00	40.00	0.00
2004	45.00	45.00	0.00

## Compuestos orgánicos volátiles (COV)

### COV StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	241252.00	0.00	0.00	241252.00	241252.00	ND	ND
01/07/2000	241252.00	0.00	0.00	241252.00	241252.00	0.00	ND
01/01/2001	239773.00	0.00	0.00	239773.00	239773.00	-0.61	-0.61
01/07/2001	238294.00	0.00	0.00	238294.00	238294.00	-0.62	-1.23
01/01/2002	227428.00	0.00	0.00	227428.00	227428.00	-4.56	-5.15
01/07/2002	216562.00	0.00	0.00	216562.00	216562.00	-4.78	-9.12
01/01/2003	215208.00	0.00	0.00	215208.00	215208.00	-0.63	-5.37
01/07/2003	213854.00	0.00	0.00	213854.00	213854.00	-0.63	-1.25
01/01/2004	205828.50	0.00	0.00	205828.50	205828.50	-3.75	-4.36
01/07/2004	197803.00	0.00	0.00	197803.00	197803.00	-3.90	-7.51

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	241252.00	241252.00	0.00
2001	238294.00	238294.00	0.00
2002	216562.00	216562.00	0.00
2003	213854.00	213854.00	0.00
2004	197803.00	197803.00	0.00

## Óxidos de nitrógeno (NOX)

### NOx StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	12043.00	0.00	0.00	12043.00	12043.00	ND	ND
01/07/2000	12043.00	0.00	0.00	12043.00	12043.00	0.00	ND
01/01/2001	12344.00	0.00	0.00	12344.00	12344.00	2.50	2.50
01/07/2001	12645.00	0.00	0.00	12645.00	12645.00	2.44	5.00
01/01/2002	12153.50	0.00	0.00	12153.50	12153.50	-3.89	-1.54
01/07/2002	11662.00	0.00	0.00	11662.00	11662.00	-4.04	-7.77
01/01/2003	11740.00	0.00	0.00	11740.00	11740.00	0.67	-3.40
01/07/2003	11818.00	0.00	0.00	11818.00	11818.00	0.66	1.34
01/01/2004	11227.00	0.00	0.00	11227.00	11227.00	-5.00	-4.37
01/07/2004	10636.00	0.00	0.00	10636.00	10636.00	-5.26	-10.00

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	12043.00	12043.00	0.00
2001	12645.00	12645.00	0.00
2002	11662.00	11662.00	0.00
2003	11818.00	11818.00	0.00
2004	10636.00	10636.00	0.00

## Partículas suspendidas (PM10)

### PM10 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	14678.00	0.00	0.00	14678.00	14678.00	ND	ND
01/07/2000	14678.00	0.00	0.00	14678.00	14678.00	0.00	ND
01/01/2001	13405.50	0.00	0.00	13405.50	13405.50	-8.67	-8.67
01/07/2001	12133.00	0.00	0.00	12133.00	12133.00	-9.49	-17.34
01/01/2002	11467.00	0.00	0.00	11467.00	11467.00	-5.49	-14.46
01/07/2002	10801.00	0.00	0.00	10801.00	10801.00	-5.81	-10.98
01/01/2003	11791.00	0.00	0.00	11791.00	11791.00	9.17	2.83
01/07/2003	12781.00	0.00	0.00	12781.00	12781.00	8.40	18.33
01/01/2004	6645.00	0.00	0.00	6645.00	6645.00	-48.01	-43.64
01/07/2004	509.00	0.00	0.00	509.00	509.00	-92.34	-96.02

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	14678.00	14678.00	0.00
2001	12133.00	12133.00	0.00
2002	10801.00	10801.00	0.00
2003	12781.00	12781.00	0.00
2004	509.00	509.00	0.00

## Fuentes puntuales

### Carbono (CO)

#### CO StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	6961.00	0.00	0.00	6961.00	6961.00	ND	ND
01/07/2000	6961.00	0.00	0.00	6961.00	6961.00	0.00	ND
01/01/2001	6799.00	0.00	0.00	6799.00	6799.00	-2.33	-2.33
01/07/2001	6637.00	0.00	0.00	6637.00	6637.00	-2.38	-4.65
01/01/2002	6540.00	0.00	0.00	6540.00	6540.00	-1.46	-3.81
01/07/2002	6443.00	0.00	0.00	6443.00	6443.00	-1.48	-2.92
01/01/2003	6661.50	0.00	0.00	6661.50	6661.50	3.39	1.86
01/07/2003	6880.00	0.00	0.00	6880.00	6880.00	3.28	6.78
01/01/2004	8442.00	0.00	0.00	8442.00	8442.00	22.70	26.73
01/07/2004	10004.00	0.00	0.00	10004.00	10004.00	18.50	45.41

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	6961.00	6961.00	0.00
2001	6637.00	6637.00	0.00
2002	6443.00	6443.00	0.00
2003	6880.00	6880.00	0.00
2004	10004.00	10004.00	0.00

### Compuestos orgánicos totales (COT)

#### COT StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	134201.00	0.00	0.00	134201.00	134201.00	ND	ND
01/07/2000	134201.00	0.00	0.00	134201.00	134201.00	0.00	ND
01/01/2001	123205.00	0.00	0.00	123205.00	123205.00	-8.19	-8.19
01/07/2001	112209.00	0.00	0.00	112209.00	112209.00	-8.92	-16.39
01/01/2002	115977.50	0.00	0.00	115977.50	115977.50	3.36	-5.87
01/07/2002	119746.00	0.00	0.00	119746.00	119746.00	3.25	6.72
01/01/2003	97839.50	0.00	0.00	97839.50	97839.50	-18.29	-15.64
01/07/2003	75933.00	0.00	0.00	75933.00	75933.00	-22.39	-36.59
01/01/2004	49363.50	0.00	0.00	49363.50	49363.50	-34.99	-49.55
01/07/2004	22794.00	0.00	0.00	22794.00	22794.00	-53.82	-69.98

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	134201.00	134201.00	0.00
2001	112209.00	112209.00	0.00
2002	119746.00	119746.00	0.00
2003	75933.00	75933.00	0.00
2004	22794.00	22794.00	0.00

### Amoniaco (NH3)

#### NH3 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	181.00	0.00	0.00	181.00	181.00	ND	ND
01/07/2000	181.00	0.00	0.00	181.00	181.00	0.00	ND
01/01/2001	192.50	0.00	0.00	192.50	192.50	6.35	6.35
01/07/2001	204.00	0.00	0.00	204.00	204.00	5.97	12.71
01/01/2002	200.00	0.00	0.00	200.00	200.00	-1.96	3.90
01/07/2002	196.00	0.00	0.00	196.00	196.00	-2.00	-3.92
01/01/2003	210.50	0.00	0.00	210.50	210.50	7.40	5.25
01/07/2003	225.00	0.00	0.00	225.00	225.00	6.89	14.80
01/01/2004	220.50	0.00	0.00	220.50	220.50	-2.00	4.75
01/07/2004	216.00	0.00	0.00	216.00	216.00	-2.04	-4.00

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	181.00	181.00	0.00
2001	204.00	204.00	0.00
2002	196.00	196.00	0.00
2003	225.00	225.00	0.00
2004	216.00	216.00	0.00

### Partículas suspendidas (PM2.5)

#### PM2.5 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	859.00	0.00	0.00	859.00	859.00	ND	ND
01/07/2000	859.00	0.00	0.00	859.00	859.00	0.00	ND
01/01/2001	842.50	0.00	0.00	842.50	842.50	-1.92	-1.92
01/07/2001	826.00	0.00	0.00	826.00	826.00	-1.96	-3.84
01/01/2002	738.50	0.00	0.00	738.50	738.50	-10.59	-12.34
01/07/2002	651.00	0.00	0.00	651.00	651.00	-11.85	-21.19
01/01/2003	630.50	0.00	0.00	630.50	630.50	-3.15	-14.62
01/07/2003	610.00	0.00	0.00	610.00	610.00	-3.25	-6.30
01/01/2004	591.00	0.00	0.00	591.00	591.00	-3.11	-6.26
01/07/2004	572.00	0.00	0.00	572.00	572.00	-3.21	-6.23

#### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	859.00	859.00	0.00
2001	826.00	826.00	0.00
2002	651.00	651.00	0.00
2003	610.00	610.00	0.00
2004	572.00	572.00	0.00

## Dióxido de azufre (SO2)

### SO2 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	3375.00	0.00	0.00	3375.00	3375.00	ND	ND
01/07/2000	3375.00	0.00	0.00	3375.00	3375.00	0.00	ND
01/01/2001	3465.00	0.00	0.00	3465.00	3465.00	2.67	2.67
01/07/2001	3555.00	0.00	0.00	3555.00	3555.00	2.60	5.33
01/01/2002	3419.50	0.00	0.00	3419.50	3419.50	-3.81	-1.31
01/07/2002	3284.00	0.00	0.00	3284.00	3284.00	-3.96	-7.62
01/01/2003	3431.50	0.00	0.00	3431.50	3431.50	4.49	0.35
01/07/2003	3579.00	0.00	0.00	3579.00	3579.00	4.30	8.98
01/01/2004	6933.50	0.00	0.00	6933.50	6933.50	93.73	102.05
01/07/2004	10288.00	0.00	0.00	10288.00	10288.00	48.38	187.45

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	3375.00	3375.00	0.00
2001	3555.00	3555.00	0.00
2002	3284.00	3284.00	0.00
2003	3579.00	3579.00	0.00
2004	10288.00	10288.00	0.00

## Compuestos orgánicos volátiles (COV)

### COV StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	129178.00	0.00	0.00	129178.00	129178.00	ND	ND
01/07/2000	129178.00	0.00	0.00	129178.00	129178.00	0.00	ND
01/01/2001	118085.00	0.00	0.00	118085.00	118085.00	-8.59	-8.59
01/07/2001	106992.00	0.00	0.00	106992.00	106992.00	-9.39	-17.17
01/01/2002	110546.50	0.00	0.00	110546.50	110546.50	3.32	-6.38
01/07/2002	114101.00	0.00	0.00	114101.00	114101.00	3.22	6.64
01/01/2003	92586.50	0.00	0.00	92586.50	92586.50	-18.86	-16.25
01/07/2003	71072.00	0.00	0.00	71072.00	71072.00	-23.24	-37.71
01/01/2004	46541.00	0.00	0.00	46541.00	46541.00	-34.52	-49.73
01/07/2004	22010.00	0.00	0.00	22010.00	22010.00	-52.71	-69.03

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	129178.00	129178.00	0.00
2001	106992.00	106992.00	0.00
2002	114101.00	114101.00	0.00
2003	71072.00	71072.00	0.00
2004	22010.00	22010.00	0.00

## Óxidos de nitrógeno (NOX)

### NOx StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	20094.00	0.00	0.00	20094.00	20094.00	ND	ND
01/07/2000	20094.00	0.00	0.00	20094.00	20094.00	0.00	ND
01/01/2001	20674.50	0.00	0.00	20674.50	20674.50	2.89	2.89
01/07/2001	21255.00	0.00	0.00	21255.00	21255.00	2.81	5.78
01/01/2002	20496.00	0.00	0.00	20496.00	20496.00	-3.57	-0.86
01/07/2002	19737.00	0.00	0.00	19737.00	19737.00	-3.70	-7.14
01/01/2003	19640.00	0.00	0.00	19640.00	19640.00	-0.49	-4.18
01/07/2003	19543.00	0.00	0.00	19543.00	19543.00	-0.49	-0.98
01/01/2004	22130.00	0.00	0.00	22130.00	22130.00	13.24	12.68
01/07/2004	24717.00	0.00	0.00	24717.00	24717.00	11.69	26.47

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	20094.00	20094.00	0.00
2001	21255.00	21255.00	0.00
2002	19737.00	19737.00	0.00
2003	19543.00	19543.00	0.00
2004	24717.00	24717.00	0.00

## Partículas suspendidas (PM10)

### PM10 StockL Boot,Feibes,Lisman FD

Date	Val.	Std. Dev.	Reliab. Ind.	Low	High	T-1 Growth	T-2 Growth
01/01/2000	4986.00	0.00	0.00	4986.00	4986.00	ND	ND
01/07/2000	4986.00	0.00	0.00	4986.00	4986.00	0.00	ND
01/01/2001	4927.50	0.00	0.00	4927.50	4927.50	-1.17	-1.17
01/07/2001	4869.00	0.00	0.00	4869.00	4869.00	-1.19	-2.35
01/01/2002	4392.50	0.00	0.00	4392.50	4392.50	-9.79	-10.86
01/07/2002	3916.00	0.00	0.00	3916.00	3916.00	-10.85	-19.57
01/01/2003	4081.00	0.00	0.00	4081.00	4081.00	4.21	-7.09
01/07/2003	4246.00	0.00	0.00	4246.00	4246.00	4.04	8.43
01/01/2004	3527.50	0.00	0.00	3527.50	3527.50	-16.92	-13.56
01/07/2004	2809.00	0.00	0.00	2809.00	2809.00	-20.37	-33.84

### Component Disaggregation Consistency Check

Date	Agg Val	Last Value	Difference
2000	4986.00	4986.00	0.00
2001	4869.00	4869.00	0.00
2002	3916.00	3916.00	0.00
2003	4246.00	4246.00	0.00
2004	2809.00	2809.00	0.00