

Economía y Desarrollo Sostenible
¿Matrimonio feliz o divorcio anunciado?
El caso de Ecuador

Economía y Desarrollo Sostenible

¿Matrimonio feliz o divorcio anunciado?

El caso de Ecuador

Fander Falconí



© De la presente edición:
FLACSO, Sede Ecuador
Páez N19-26 y Patria, Quito – Ecuador
Telf.: (593-2-) 2232030
Fax: (593-2) 2566139
www.flacso.org.ec

ISBN:
Coordinación editorial: Alicia Torres
Cuidado de la edición: Ma. Isabel Hayek y Cecilia Velasco
Diseño de portada e interiores: Antonio Mena
Imprenta: RISPERGRAF
Quito, Ecuador, 2002
1ª. edición: noviembre, 2002

Índice

Agradecimientos	17
Presentación	19
Prefacio	21
Introducción	25

PARTE 1

ACERCAMIENTO A LA SOSTENIBILIDAD DÉBIL

Capítulo 1.

Indicadores de sostenibilidad débil	37
La sostenibilidad débil	37
La corrección al sistema de cuentas nacionales	41
Aplicación del método de depreciación para el petróleo y bosques	45
El método del costo de uso	61
La omisión de las externalidades negativas	65
Los ahorros domésticos genuinos	78
Conclusiones	85

PARTE 2

ACERCAMIENTO A LA SOSTENIBILIDAD FUERTE

Capítulo 2

Análisis integrado de la energía	97
Unidades de energía	98
Inventario de recursos	98
Provisión de energía primaria	100
Consumo de energía exosomática	104
La relación entre energía y economía	111
Precios y sustitución	121

Emisiones de CO2 y energía	123
Análisis, relaciones y desempeño de los indicadores	126
Capítulo 3	
Evaluación integrada de la historia económica reciente del Ecuador	131
Fases de la historia económica reciente del Ecuador. Narrativa	133
Observación las fases históricas desde una perspectiva económica	133
Análisis las fases históricas desde una perspectiva biofísica	141
Examen de las fases históricas utilizando una descripción integrada	145
Resultados	151
Capítulo 4	
Evaluación integrada de cambios en el uso de la tierra	155
Transformaciones en el uso de la tierra relacionados a la historia económica reciente	155
Presión demográfica	159
Cálculo de la relación producto / insumo de energía	162
Indicadores utilizados para caracterizar algunos efectos de los cambios en el uso de la tierra con consecuencias ecológicas	168
Capítulo 5	
Análisis multicriterio de la economía ecuatoriana	181
Análisis multicriterio	181
Método NAIADE	183
Aplicación del análisis multicriterio	184
Observaciones finales	196
Anexo 1	199
Capítulo 6	
Conclusiones	205
La aplicación de la noción de sostenibilidad en el sentido “débil”	206
La aplicación de la noción de sostenibilidad en el sentido “fuerte”	208
Investigaciones futuras	210
Bibliografía	213

ÍNDICE DE TABLAS

Parte 1

Acercamiento a la sostenibilidad débil

Capítulo 1

Tabla 1	
Depreciación/ Apreciación de petróleo	50
Tabla 2	
Aplicación del método El Serafy para ciertos países exportadores de petróleo (en 2000)	64
Tabla 3	
Valor mínimo de algunas externalidades negativas causadas por la explotación petrolera	76
Tabla 4	
Reducción de la energía (en términos monetarios) vs. consumo de energía (en términos físicos) en 1998	79
Tabla 5	
Indicadores de sostenibilidad débil en 1998	80
Tabla 6	
Ecuador: Indicadores de sostenibilidad débil entre 1970 y 1998	81

Parte 2

Acercamiento a la sostenibilidad fuerte

Capítulo 2

Tabla 1	
Conversiones energéticas comunes	99
Tabla 2	
Inventario de recursos	99
Tabla 3	
Producción de energía primaria en algunos países de América Latina como porcentaje (%) de la producción total de energía primaria y 10^3 boe	101

Tabla 4	
Ecuador: Producción de energía primaria 10 ³ barriles equivalentes de petróleo (boe)	102
Tabla 5	
Tasa de crecimiento anual de producción primaria de energía consumo final, importaciones y exportaciones por períodos (1970-1998)	104
Tabla 6	
Demanda de energía final en algunos países de América Latina como porcentaje (%) del consumo de energía final, y 10 ³ boe	105
Tabla 7	
Demanda final de energía por fuentes de energía 10 ³ barriles equivalentes de petróleo (boe)	109
Tabla 8	
Tasa de crecimiento anual de la demanda final de energía por tipos de energía y períodos (1970-1998)	110
Tabla 9	
Estructura del consumo de energía por sector y consumo de energía per cápita como % del total de energía total consumida, y GJ por persona	111
Tabla 10	
Composición de los subsectores de la industria como % del valor agregado de la industria	120
Tabla 11	
Tasas de crecimiento anual de los precios reales de energía por períodos (1970-1998)	120
Tabla 12	
Precios relativos con respecto a la electricidad	121
Tabla 13	
Capacidad adquisitiva de los salarios reales promedio mensuales en términos energéticos	123
Tabla 14	
Tasas de crecimiento anuales de las emisiones de CO ₂ por sectores y por períodos (1970-1998)	124

Capítulo 3

Tabla 1	
Cambios en la oferta de trabajo	136
Tabla 2	
Estructura del PIB por sectores económicos como % total del PIB, a sures constantes de 1975	138
Tabla 3	
Producción per capita por sectores económicos y por períodos: 1970-1998	
Tasas de crecimiento anual	139
Tabla 4	
Estructura de la Población Económicamente Activa (PEA) por sector económico como % de la PEA total	140
Tabla 5	
Productividad económica laboral por sectores US\$ constantes de 1995 por hora	141
Tabla 6	
Tasa de metabolismo exosomático por sectores MJ por hora	142
Tabla 7	
Sector de los hogares Tasas de crecimiento anual de la TME _{HH} , ET _{HH} , and HA _{HH} por períodos	144
Tabla 8	
Porcentaje de los hogares que consumen electricidad, gas o leña por quintiles de población, 1995	149
Tabla 9	
Consumo de GLP y electricidad por quintil de población, 1995	150
Tabla 10	
Gastos en energía y combustible de acuerdo a las condiciones sociales por región y área de residencia como % de los gastos totales de los hogares, 1995	150

Capítulo 4

Tabla 1	
Uso de la tierra	156
Tabla 2	
Tasas de crecimiento anual del uso de la tierra por períodos	157
Tabla 3	
Balance alimentario 10 ⁹ Kcal	159
Tabla 4	
Presión demográfica y socioeconómica	162
Tabla 5	
Tierra cosechada y rendimiento por cultivos y por períodos	163
Tabla 6	
Requerimientos de energía fósil para maquinaria y piezas de maquinaria	164
Tabla 7	
Consumo de fertilizantes	165
Tabla 8	
Tierra irrigada	166
Tabla 9	
Insumos agrícolas	166
Tabla 10	
Composición de la huella ecológica (HE) como % del total de la HE	177
Tabla 11	
La huella ecológica, incluyendo el comercio (1998)	179

Capítulo 5

Tabla 1	
Indicadores seleccionados	189
Tabla 2	
Umbrales escogidos	192

Índice de figuras

Capítulo 1

Figura 1	
Consumo de capital fijo y ahorros domésticos brutos como % de producto nacional bruto (suces corrientes)	46
Figura 2	
Extracción de petróleo	49
Figura 3	
Precios de exportación del petróleo	49
Figura 4	
Depreciación/ Apreciación del petróleo (método 1)	51
Figura 5	
Agotamiento del petróleo (método 2)	51
Figura 6	
Agotamiento de los bosques	60
Figura 7	
PIB, Producto Interno Neto, y costo de uso	65
Figura 8	
Extracción y pérdida de gas natural	73
Figura 9	
Ahorros domésticos genuinos vs. agotamiento del <i>capital natural</i> (como % del PIB)	83
Figura 10	
Ecuador: Ahorros genuinos (como porcentaje del PIB)	84

Figura 11	
Agotamiento del <i>capital natural</i> y daño por emisiones de CO ₂	84

Capítulo 2

Figura 1	
Producción de energía primaria como % del total	100

Figura 2	
Autosuficiencia en energía	103

Figura 3	
Cociente de energía Exosomática/Endosomática	107

Figura 4	
Índice de los componentes del crecimiento del consumo de energía	108

Figura 5	
Índice de los componentes del consumo de energía	109

Figura 6 (a,b)	
Cociente E/PIB real	114

Figura 7	
Tasa de crecimiento anual de consumo de energía y PIB	116

Figura 8	
Ecuador: Cociente E/ PIB real	117

Figura 9	
Índice de los salarios y precios de los combustibles y electricidad en términos reales	122

Figura 10	
Indicador de carga ambiental Consumo de Kg CO ₂ / boe	125

Figura 11	
PIB per cápita vs. emisiones de CO ₂ per cápita	125

Figura 12	
Representación multiobjetiva integrada de los cambios en el sector de la energía del Ecuador- situación en 1970	128

Figura 13	
Representación multiobjetiva de los cambios	
en el sector de la energía del Ecuador - situación en 1998	128
Figura 14	
Representación multiobjetiva integrada de los cambios	
en el sector de la energía. Situación en 1970-	
comparación entre Ecuador y América Latina	129
Figura 15	
Representación multiobjetiva integrada de los cambios en	
el sector de la energía. Situación en 1998 -comparación	
con los indicadores de América Latina	129
Capítulo 3	
Figura 1	
PIB per cápita	134
Figura 2	
Índice de los componentes del crecimiento económico	135
Figura 3	
Crecimiento de la esperanza de vida al nacer en las últimas décadas	137
Figura 4	
Tasa de analfabetismo	137
Figura 5	
Productividad económica laboral	140
Figura 6	
Tasa metabólica exosomática	142
Figura 7	
Índice de crecimiento de los componentes de la tasa metabólica	
exosomática de los hogares	144
Figura 8	
Índice de la productividad económica laboral vs. Índice de la	
tasa metabólica exosomática	145
Figura 9	
Servicio de la deuda como % del PIB	146

Figura 10
Servicio de la deuda externa por habitante 147

Capítulo 4

Figura 1
Tierra agrícola
como % de la tierra total 157

Figura 2
Área de tierra destinada a la exportación
como % del total de la tierra arable y cultivos 158

Figura 3
Consumo de fertilizantes 165

Figura 4
Calidad de la dieta 168

Figura 5
Tierra “apropiada” por emisiones de CO₂ 176

Capítulo 5

Figura 1
Representación Integrada Multi Objetivo, Ecuador 1994 200

Figura 2
Representación Integrada Multi Objetivo, Ecuador 1996 201

Agradecimientos

Esta investigación ha sido escrita en tres ciudades muy diferentes: Barcelona, Palma de Mallorca y Quito. En cada ciudad, existen personas e instituciones a las cuales deseo reconocer y expresar mi gratitud por su ayuda.

En la activa y cosmopolita Barcelona, he sido afortunado de tener como mi director de tesis doctoral al Profesor Martínez-Alier, uno de los fundadores de la Economía Ecológica, una de las ciencias más dinámicas e influyentes en la actualidad. Las reuniones formales e informales que he tenido con Joan han sido una oportunidad maravillosa para que yo pueda ingresar dentro del atractivo mundo de la Economía Ecológica. También deseo agradecer al Profesor Mario Giampietro con quien he trabajado en los capítulos que tratan con la evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social, así como el análisis de los cambios en el uso de la tierra. El buen humor de Mario así como su experiencia han sido esenciales para que yo pueda entender el análisis biofísico. También quiero expresar mis agradecimientos al Profesor Giuseppe Munda, uno de los principales expertos mundiales en el análisis multicriterio, con quien he trabajado y me ha guiado al escribir el capítulo sobre el análisis multicriterio de la economía del Ecuador. Mis agradecimientos se hacen extensivos a la *Agencia Internacional de Cooperación Española* por su apoyo.

En Palma de Mallorca, una isla mediterránea montañosa, con increíbles hábitats naturales y paisajes, que lamentablemente han sufrido las consecuencias de décadas de turismo masivo, he tenido el constante apoyo de Francesca, a quien dedico mi intenso afecto. El Mediterráneo hace amar la vida.

En Quito, una ciudad que yace en el corazón de los Andes, muchas personas e instituciones me han apoyado desde el comienzo de esta investigación, y a quienes no puedo expresar suficientemente mis agradecimientos. Empiezo con aquellos a los que he torturado con mis repetidas peticiones de información durante los últimos años, especialmente a mis buenos amigos del Banco Central y

del proyecto de *Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE)*. Mis reconocimientos también se dirigen a la *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)* y a la *Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT)* por su apoyo.

La traducción de la tesis original y la publicación del presente libro no habría sido posible sin el apoyo de un sinnúmero de instituciones, y por supuesto de las personas que ellas representan, a las que dejo constancia de mi agradecimiento más sentido: a FLACSO, EcoCiencia, FUNDACYT, CDES (Centro de Derechos Económicos, Sociales y Culturales) y a la Subgerencia de Protección Ambiental de Petroecuador.

Mi profundo amor para Camila, Alejandro, Joan y Francesc cuya bella e inteligente presencia constituye un gran estímulo para perseverar.

Presentación

Conocí a Fander Falconí en 1994-95, durante mi año sabático en Ecuador, cuando dicté algunas clases en FLACSO. Fander acababa su maestría en Economía junto con un competente grupo de estudiantes muy interesados por los temas ambientales. Ese año en Ecuador fue excelente, tanto por el contacto con FLACSO, así como con el grupo de activistas de Acción Ecológica con quienes aprendí mucho sobre conflictos ambientales. En octubre de 1997, Fander Falconí se incorporó a la Universidad Autónoma de Barcelona, en el programa de Economía Ecológica y Gestión Ambiental, donde tuvo de profesores a Martin O'Connor, Giuseppe Munda, Mario Giampietro, entre otros. Obtuvo su doctorado en junio del 2001.

Este libro es una versión castellana de la tesis doctoral escrita en inglés (algunos de sus capítulos han sido publicados en revistas científicas o van a serlo). Es una contribución importante a la discusión de las modificaciones en la Contabilidad Macroeconómica (el cálculo del PIB), que incorpora los efectos negativos de la extracción de petróleo y la contaminación implícita, la deforestación, la pérdida de manglar, etc. Fander Falconí se mueve con soltura en este terreno.

El libro avanza después hacia la discusión de otros índices sintéticos que pretenden medir el desempeño de la economía teniendo en cuenta los impactos ambientales. También calcula y discute la “huella ecológica” de la economía del Ecuador. Finalmente, la parte más novedosa del libro (en cuanto a la elaboración de una Economía Ecológica) es la discusión de una serie de indicadores físicos de la economía ecuatoriana (entre los que falta aún el cálculo del flujo de materiales) y el intento de una evaluación conjunta de los indicadores económicos, sociales y ambientales en una perspectiva macroeconómica multicriterio. En efecto, la evaluación multicriterio se aplica en la evaluación de proyectos pero no, hasta ahora, al juicio de los cambios históricos en la macroeconomía y en la sociedad de ningún país. Por tanto, por diversas razones este libro interesa no so-

lo a ecuatorianos sino también a todos aquellos que estudian la no sostenibilidad ecológica de la economía (o si se quiere, el “desarrollo sostenible”) en un ámbito internacional.

Joan Martínez Alier
Universidad Autónoma de Barcelona

Prefacio

El Ecuador es un mosaico de culturas, microclimas, colores y paisajes. Posee una inmensa riqueza natural, pero lamentablemente también tiene una profunda pobreza y asimetría social, por lo que el país se ha convertido en un taller o laboratorio de datos para una variedad de estudios locales e internacionales referentes a la sostenibilidad, así como a la definición de políticas ambientales.

No es una coincidencia que el Banco Mundial haya presentado la idea del ahorro genuino, utilizando el caso de estudio ecuatoriano (Banco Mundial, 1996), y que varios intentos han sido realizados para hacer “verde” la contabilidad nacional, tal como ha sido el caso de Kellenberg (1995).

Previamente, algunos estudios interesantes realizados por economistas ecuatorianos han intentado integrar la economía y el medio ambiente. Desde los años 90, se han realizado trabajos que han buscado corregir y ajustar el sistema de cuentas nacionales.

Loza (1993) llevó a cabo un ejercicio teórico y una valoración de los recursos naturales, específicamente del petróleo, utilizando el método de depreciación para construir cuentas físicas y para establecer posteriormente las cuentas monetarias basadas en el precio neto.

De la misma manera, un sistema de tablas fue estructurado para contabilizar el valor del petróleo y de los bosques en la Amazonía durante 1992. Este fue realizado por medio del uso de cuentas satelitales ambientales y de la división de la matriz insumo-producto. León y Marconi (1994) establecieron cuentas físicas del petróleo y posteriormente las valoraron, utilizando el método del precio ne-

1 Uno de los primeros artículos que tratan sobre este tema se puede encontrar en: Patricio León Camacho. "Perspectivas sobre el desarrollo de la contabilidad ambiental en Ecuador". *Cuestiones Económicas* 19: 115-122. Banco Central del Ecuador. Quito, mayo de 1992.

to. Un método similar fue empleado para los recursos forestales. Un aspecto relevante de este trabajo es que produjo una estimación de los gastos realizados tanto por las compañías petroleras privadas como por las estatales, en protección ambiental durante 1992.

Kellenberg (1995) utilizó dos métodos para ajustar el sistema de cuentas nacionales. Por un lado, aplicó el procedimiento del método del costo del uso propuesto por El Serafy y, por otro lado, el método de depreciación desarrollado por Repetto, sobre el cual ajustó el ingreso nacional para poder reflejar los cambios en el valor económico del capital natural durante un período específico. El autor examinó el valor de la depreciación del capital natural tanto en el sector petrolero como en el forestal.

Desde mi punto de vista, la escuela de economía ecológica se inició en el Ecuador mediante los seminarios y cátedras realizados por el Profesor Joan Martínez-Alier en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) en Quito (1994-95). Aquellos de nosotros que fuimos sus estudiantes en el Master de Economía, empezamos a involucrarnos y a discutir acerca de los méritos y las posibilidades de esta nueva disciplina. Consecuentemente, comenzamos a escribir artículos sobre cómo encontrar una forma diferente de valorar el petróleo (Falconí, 1995).

Simultáneamente, en una investigación más profunda, la contabilidad ecuatoriana del impacto ambiental fue corregida por medio de la utilización del método del costo de uso, aplicado al petróleo. Luego de corregir los agregados macroeconómicos principales, se llegó a la conclusión de que el ingreso proveniente del petróleo no estaba siendo reinvertido adecuadamente (Carvajal, 1995). Esto significa que las ventas del petróleo no han generado un flujo de ingreso monetario ininterrumpido, el cual podía haber sido capitalizado cuando este recurso se encontrara agotado.

En su tesis de maestría para la FLACSO, Burbano (1996) analizó la aplicación de los principios de Hotelling para optimizar el valor presente en el flujo de fondos en la industria petrolera del Ecuador, tomando en cuenta el estado marginal del país (precio aceptante) y la capacidad limitada del oleoducto transecuatoriano. En la práctica, se hace lo opuesto de la regla de Hotelling.

La evaluación deficiente de los gastos defensivos, de protección o mitigación en el sistema de cuentas nacionales (SCN) constituye un problema crítico relevante desde un punto de vista económico y ecológico. En el SCN, los gastos defensivos son tratados heterogéneamente, de tal manera son manejados como gastos intermedios, como consumo final o inversión. El artículo de Carvajal *et al.* (1997) analiza esta situación de especial interés para el desarrollo de cuentas “satelitales”, y presenta una propuesta metodológica para la inclusión adecuada de estos gastos dentro de las cuentas nacionales, basado en un caso de estudio del sector petrolero.

La preocupación por el petróleo es justificada. El petróleo tiene una gran participación en las cuentas macroeconómicas dentro de la balanza comercial y en las cuentas fiscales del Ecuador.

Serrano (1999) realizó una estimación y discusión del *índice de bienestar económico sustentable* (IBES) para la economía ecuatoriana. El IBES fue presentado por Herman Daly y John Cobb (1989).

Durante los cursos recibidos en la Universidad Autónoma de Barcelona en 1997-1999, escribí un análisis particularmente crítico sobre los indicadores de sostenibilidad débil, el cual llevó a la publicación de un artículo en español en la revista *Ecología Política* (Falconí, 1999). En el presente documento he ampliado la discusión sobre la sostenibilidad débil y he incorporado el análisis de la sostenibilidad fuerte.

La sostenibilidad y su relación con la economía es un tema acaloradamente debatido. Pero, claramente, es aún más polémico el tratar de medir la sostenibilidad sólo a partir de la utilización de un conjunto de indicadores. Siempre nos vamos a encontrar frente a una pregunta pertinente: ¿son los indicadores escogidos los que mejor reflejan la sostenibilidad de una región específica o país? La elección de indicadores depende, igualmente, del problema u objeto de investigación, así como de la escala del análisis utilizado: local, regional o global.

Dado que este libro examina y trata la sostenibilidad macroeconómica de forma holística, y utiliza un conjunto de indicadores que caen dentro de las categorías de sostenibilidad débil y fuerte, lo considero un proyecto pionero. Se trata, por tanto, de una contribución hacia la utilización de un conjunto amplio de indicadores de sostenibilidad para una evaluación económica-ambiental integrada.

Por evaluación económica-ambiental integrada me refiero al uso paralelo de información proveniente de diferentes disciplinas científicas (o en términos más técnicos, el uso paralelo de campos descriptivos no equivalentes - ver Giampietro y Munda, 2000).

El debate sobre la sostenibilidad, su imbricación con la economía y sus aplicaciones no ha sido agotado. Uno de los intereses primarios de este trabajo es profundizar la discusión sobre estos aspectos.

Introducción

Esta investigación busca hacer operativa la noción de “sostenibilidad” (tanto en el sentido “débil” como “fuerte”). Mientras que por un lado la sostenibilidad “débil”, pese a sus dificultades de cálculo, puede ser definida y tiene un significado generalmente aceptado, por otro lado, la sostenibilidad “fuerte” requiere de cálculos y de la elección de indicadores físicos e índices sobre los cuales hasta el momento no existe un acuerdo.

Se ha aplicado esta noción en el Ecuador, una nación sudamericana dotada de reservas petroleras, fuentes de agua y bosques tropicales, durante el período comprendido entre 1970 y 1998. El Ecuador se caracteriza por tener una enorme diversidad biológica, geográfica y étnica. Cubre un área de cerca de 27×10^6 hectáreas (ha) a lo largo del Océano Pacífico, entre Colombia y Perú. La cordillera de los Andes, salpicada por volcanes muchos de ellos activos, atraviesa el país de norte a sur. Este país tiene cuatro regiones geográficas: las planicies costaneras (6.8×10^6 ha), la región montañosa de la sierra (6.3×10^6 ha), los bosques amazónicos (13.1×10^6 ha), y las Islas Galápagos (aproximadamente 0.8×10^6 ha).

Las tierras fértiles de la costa han proporcionado al país sus principales productos renovables de exportación: banano, plátano verde, cacao y café. La sierra, donde la mayoría de los cultivos alimenticios han sido producidos para consumo doméstico, se ha convertido también en un área de desarrollo de productos agrícolas de exportación como las flores, debido a sus convenientes condiciones climáticas de humedad y luz solar estables durante todo el año. El principal producto no renovable de exportación, el petróleo, se extrae primordialmente de la región amazónica.

En la evolución histórica del Ecuador (Larrea, 1992), se pueden distinguir tres períodos relacionados con ciertos productos primarios de exportación. El primero fue el del cacao, que duró hasta la Primera Guerra Mundial. El segun-

do fue el del banano, el cual experimentó un boom durante 1948-1965, seguido de un período de estancamiento. El tercero fue el período del petróleo, con una fase de auge desde 1972 hasta 1982, seguido de una crisis durante los 80, de la cual el país se recuperó parcialmente durante los 90.

Ecuador alcanzó a inicios de los años noventa un modesto crecimiento económico acompañado con una estabilización de los precios y una reducción en la pobreza urbana. Esta estabilización, sin embargo, fue alcanzada con un incremento en la inequidad social (Vos *et al.*, 2002). Algunos shocks externos, el conflicto bélico con el Perú, la crisis financiera mexicana, la agudeza del fenómeno del Niño, los problemas políticos internos durante el gobierno de Sixto Durán y Abdalá Bucaram, provocaron una nueva crisis entre 1998 y 1999.

Partiendo de esta premisa, esta investigación tendrá cinco objetivos:

1. Discutir las correcciones monetarias a la contabilidad del ingreso nacional (“sostenibilidad débil”).
2. Aclarar la importancia de la información no monetaria como indicador de sostenibilidad.
3. Explicar los problemas conceptuales y de medición encontrados en la construcción de los indicadores físicos (“sostenibilidad fuerte”).
4. Definir los procedimientos para el uso de indicadores no monetarios en un marco de trabajo integrado.
5. Hacer recomendaciones en cuanto a políticas, basadas en el análisis macroeconómico de multicriterio.

Para lograr estos objetivos, esta investigación examinará un conjunto de indicadores de (in) sostenibilidad ecológica encontrados en la literatura ambiental y económica. La idea es discutir si estos indicadores pueden describir la (in) sostenibilidad de la economía ecuatoriana. La investigación cubre el período de 1970 hasta 1998. La elección de este período es apropiada ya que se relaciona con importantes cambios estructurales en la economía del Ecuador, que se originaron con la exportación a gran escala de petróleo en 1972.

En este sentido, la investigación no abarca las relevantes transformaciones acaecidas a finales de la década de los noventa que desembocaron en aplicación oficial y unilateral de la dolarización en enero de 2000, en un contexto de crisis económica, social, financiera y política.

Marco teórico: economía ambiental vs. economía neo-clásica

La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas popularizó el término *desarrollo sostenible* en 1987. La Comisión definió al desarrollo sostenible como “... desarrollo que cumple con las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para cumplir con sus propias necesidades” (Reporte de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

“Desarrollo sostenible” es, sin lugar a dudas, un término polémico que ha estado sujeto a un debate de amplio rango (Daly, 1991). Debido a la existencia de dos términos (“crecimiento sustentable” y “desarrollo sostenible”), los que han sido frecuentemente utilizados como sinónimos, de acuerdo a Daly, es necesario distinguirlos.

El “crecimiento” se refiere a la expansión en dimensiones físicas, en la escala del sistema económico, mientras que “desarrollo” se refiere al cambio cualitativo de un sistema económico (mejoramiento o degradación) sin que se dé un crecimiento físico dentro de un estado de equilibrio dinámico con su medio ambiente. Daly (1991) agrega que el término “crecimiento sostenible” significa una imposibilidad eventual, mientras que el término “desarrollo sostenible” no implica esto.

De acuerdo a Martínez-Alier (1994), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), seguida de la Comisión Brundtland, que muy exitosamente introdujo la expresión de desarrollo sostenible dentro de las políticas internacionales, combinó dos ideas: “desarrollo económico” y “capacidad de carga”. Este último es un término perteneciente a la ecología.

Desde el nacimiento de la *economía ecológica* (Costanza *et al.*, 1991), la sostenibilidad ha sido considerada como una relación entre los sistemas económicos y ecológicos, donde: en primer lugar, la vida humana puede ser mantenida indefinidamente; en segundo lugar, donde los humanos pueden reproducirse entre ellos; y, en tercer lugar, donde la cultura humana puede desarrollarse. Sin embargo, los efectos de las actividades humanas están constreñidas por límites, para no destruir de esta manera la diversidad, la complejidad y las funciones de los sistemas ecológicos y de otros que apoyen la vida.

En principio, estoy de acuerdo con este concepto de sostenibilidad, que proviene de la *economía ecológica*. A esto se puede añadir que la sostenibilidad también trata las nociones de igualdad distributiva intra e inter-generacional, que son relevantes para el Ecuador debido a la pobreza y las inequidades sociales imperantes. De la misma manera, la sostenibilidad no puede ser simplemente una reflexión de las necesidades y prácticas locales, regionales o nacionales, si-

no que se relaciona con el tema de la igualdad en las relaciones internacionales.

Dada la complejidad del término “sostenibilidad”, existen posturas diferentes acerca de cómo hacer operativa la noción de sostenibilidad, y acerca de cuáles indicadores son los más apropiados. Este debate puede ser dividido en dos posiciones bien definidas: (1) indicadores de sostenibilidad débil, los que tienen su origen en la economía neoclásica, e (2) indicadores de sostenibilidad fuerte, los cuales se relacionan con la *economía ecológica*. Esta disciplina está interesada en los indicadores físicos e índices, pese a que la *economía ecológica* también trata del estudio de indicadores de sostenibilidad débil.

La economía neoclásica analiza el proceso de **asignación de precios** como una función del mercado, percibiendo a la economía como un sistema cerrado en el cual las empresas venden bienes y servicios y pagan por los servicios otorgados por los factores de producción (tierra, trabajo y capital).

Bajo el supuesto de competencia perfecta (libre competencia entre la oferta y la demanda, los agentes que intervienen en el mercado están completamente informados, los derechos de propiedad están claramente definidos, etc.) y cierto racionalismo económico (*homo economicus*), los precios son iguales a los costos marginales o incrementales. En estas condiciones, los precios proporcionan las señales correctas en cuanto a la asignación similar de recursos tanto para productores como para consumidores, con el propósito de alcanzar una particular idea de eficiencia. Los precios, según los fundamentos de la economía convencional, son indicadores de la escasez relativa de recursos.

El óptimo de Pareto es una definición de eficiencia económica y constituye la base de la economía del bienestar. Una distribución posee un óptimo de Pareto si no existe una forma de reorganizar la producción y distribución, de tal manera que permita aumentar la utilidad de un individuo sin reducir la utilidad del resto. La asignación satisface la condición fundamental para maximizar las preferencias de los consumidores, consistente con la relación marginal de sustitución entre dos bienes cualquiera, igual a la relación de precios entre los dos bienes. Al mismo tiempo, esta asignación es óptima de acuerdo al significado de Pareto.

La economía neoclásica asume una separación entre la eficiencia económica y la igualdad distributiva, debido a que estas tienen dos enfoques distintos. Las contribuciones teóricas a la economía del bienestar generalmente se basan en un análisis secuencial de asignación y distribución: la primera etapa se maximiza la eficiencia (bajo el concepto óptimo de Pareto), mientras que en la siguiente se examinan las implicaciones de las decisiones de distribución para la equidad.

Desde el punto de vista de esta investigación, los supuestos bajo los cuales se basa el modelo neoclásico son vistos como débiles y cuestionables, especial-

mente para países capitalistas del sur tales como el Ecuador. Algunos de estos supuestos deberían ser desafiados; por ejemplo: las proyecciones para un equilibrio general, que en teoría caracterizan a cada economía, donde los aspectos relacionados con la asignación son separados de aquellos referentes a la distribución y no son interrelacionados (Martínez-Alier y O'Connor, 1996); la disponibilidad de información y la perfecta movilidad de factores; un solo razonamiento económico (la elección individual es un proceso de maximización); el supuesto de perfecta independencia y autonomía de criterios por parte de los consumidores (el cual es frágil en una situación compleja en donde las preferencias son inestables); y la ausencia hipotética de externalidades en una economía saturada de ellas. Al mismo tiempo, debido a que no se incorporan las externalidades a los costos, los precios no pueden ser utilizados como indicadores de la escasez relativa de recursos naturales.

Otro supuesto aún más cuestionable es la escala de tiempo, utilizada en el proceso de optimización (el precio que maximiza las ganancias se encuentra relacionado con una tasa determinada de "producción"). El punto más importante que omite la economía convencional es incluir al sistema económico como parte del sistema ecológico. Esto ignora los efectos inciertos e irreversibles de las externalidades negativas tales como la emisión de residuos y contaminación, que de acuerdo con las leyes fundamentales de la termodinámica, significa el aumento de entropía en el medio ambiente (Georgescu-Roegen, 1977).

Estas leyes físicas deberían ser consideradas. Existe una ley de conservación de la materia, la cual muestra que la actividad económica no puede crear ni destruir energía sino solamente transformarla, de tal forma que toda la materia y energía utilizada por la economía debe retornar al medio ambiente (Víctor, 1991). La segunda ley, la cual trata de la entropía, es también relevante en la economía (Georgescu-Roegen, 1977), pues indica que la energía (y también la materia) está siendo continuamente degradada desde una forma disponible a una no disponible.

Por lo tanto, debido a que la entropía aumenta constantemente, un nexo dialéctico existe entre el proceso económico y el medio ambiente (Georgescu-Roegen, 1977). Consecuentemente, no hay un proceso circular entre los sectores de producción y consumo, que se sostenga a sí mismo y sea autosuficiente. La economía debería ser considerada como un sistema abierto que requiere de insumos de energía y materiales y emite residuos materiales, como propone la *economía ecológica* (Martínez-Alier, 1994). Esta última constatación es el punto de partida para el estudio del metabolismo social.

La *economía ecológica* estudia la relación entre los ecosistemas y los sistemas económicos en un sentido amplio. Estas relaciones son el punto en donde convergen la mayoría de los problemas y temas actuales (calentamiento global, pér-

dida de biodiversidad, pobreza y distribución desigual de la riqueza, entre otros), los que no han sido adecuadamente tratados por ninguna de las disciplinas establecidas (Costanza, 1989). La *economía ecológica* ha sido definida como la “ciencia y manejo de la sostenibilidad” (Costanza *et al.*, 1991) o como “el estudio y evaluación de la (in) sostenibilidad” (Funtowicz *et al.*, 1997).

Al estudiar las relaciones entre los ecosistemas y los sistemas económicos, se pone en evidencia que la *economía ecológica* requiere de un enfoque interdisciplinario basado en la economía, biología, demografía, en la física y en otras ciencias, lo cual conlleva a la necesidad de “orquestrar las ciencias”. La *economía ecológica* también está basada en el “pluralismo metodológico” (Norgaard, 1989). Esta posición pluralista, de acuerdo a Norgaard, requiere que la mayoría de los participantes, o al menos los más importantes, estén conscientes de sus propias metodologías y de las ventajas o desventajas de aquellas utilizadas por otros, y que también sean tolerantes con ellas.

El debate entre estos dos puntos de vista (*economía neoclásica* y *economía ecológica*) es relevante no solo en teoría, sino que cubre aplicaciones concretas de instrumentos de política económica ambiental.

II. Estructura de la presentación

Por razones metodológicas, la investigación ha sido dividida en dos partes principales: (1) acercamiento de la sostenibilidad débil y (2) acercamiento de la sostenibilidad fuerte.

Clasificar los conceptos es siempre riesgoso. Este libro ha sido dividido en dos partes, que analizan tanto la sostenibilidad “débil” como la “fuerte” (D. Pearce y K. Turner presentaron esta diferencia en 1990), pues desde mi perspectiva, esto permite una discusión apropiada del concepto de sostenibilidad. Sin embargo, pueden existir, y de hecho hay, otros medios de clasificación alternativos. Por ejemplo, una investigación de este tipo puede ser dividida o puede enfocarse en indicadores multidimensionales versus indicadores unidimensionales (entre los cuales se pueden incluir los indicadores monetarios y físicos, reductibles a un solo número, tales como el *índice de bienestar económico sostenible* o la *huella ecológica*).

Acercamiento de la sostenibilidad débil

El capítulo 1 examina críticamente la forma de medir la sostenibilidad débil. Se trata de desconstruir ciertas metodologías de contabilidad de los recursos naturales, generalmente utilizadas para medir el agotamiento del *capital natural*, con datos del Ecuador. Estas metodologías contables mantienen la misma idea prin-

capital: el nivel de stock de capital total (el capital manufacturado y el capital “natural”) no debe disminuir a través del tiempo.

Luego de discutir algunos aspectos teóricos sobre la sostenibilidad débil y la contabilidad “verde”, se analizan, en términos teóricos y prácticos, estas metodologías de contabilidad de los recursos naturales.

En primer lugar, el *método de depreciación*, desarrollado por Robert Repetto, del World Resources Institute, ajusta el ingreso nacional para estimar el cambio en el valor económico del *capital natural* durante cada período contable. Se aplica el *método de depreciación* para el petróleo y los bosques.

En segundo lugar, el *método del costo de uso*, propuesto por el economista egipcio Salah El Serafy, divide al ingreso de la venta de un recurso agotable en un elemento de capital, o en el *factor de agotamiento* (o costo de uso), y en un elemento de valor agregado, que representa el ingreso real. Al excluir el agotamiento del capital natural del *producto interno bruto* (PIB), se obtiene el ingreso real o “sostenible”.

En tercer lugar, dado que el Banco Mundial utiliza al Ecuador como un caso de estudio para ilustrar la noción de *ahorros genuinos*, realizando algunos cálculos que dan a entender la depreciación de capital natural, resulta adecuado **desconstruir** la noción de sostenibilidad débil para el país. En los estudios realizados por esta organización (Banco Mundial, 2000), el *capital natural* incluye algunos metales y minerales, crudo de petróleo, gas natural, carbón y madera. Las estimaciones del Banco Mundial no incluyen el agua extraída de acueductos, estanques, suelos, reducción de la diversidad genética, pérdida de hábitats y biodiversidad que pueden afectar el abastecimiento de servicios ecológicos. Así mismo, dichas estimaciones incluyen una selección muy limitada de externalidades.

También se examina el *índice de bienestar económico sustentable* (IBES), propuesto por Herman Daly y John Cobb. Los cálculos del IBES implican poner un valor monetario sobre una serie de costos ambientales (agua, aire, etc), así como sobre la pérdida de *capital natural* (recursos no renovables y renovables) y los daños ambientales de largo plazo.

El capítulo 1 concluye con el análisis de la utilidad de las metodologías e indicadores de sostenibilidad débil para medir el progreso de una economía hacia la (in) sostenibilidad. Se trata de responder la pregunta de si el *sistema de contabilidad nacional* (SCN) debe ser corregido utilizando el método de depreciación, el costo de uso, los ahorros genuinos o el método del IBES.

Acercamiento de la sostenibilidad fuerte

Se considera apropiado buscar información monetaria y no monetaria que puede ser utilizada en la sostenibilidad fuerte. Bajo este concepto, el capital econó-

mico y el *capital natural* no son sustitutos, sino más bien se complementan entre ellos, dado que el capital natural proporciona funciones ambientales únicas.

El acercamiento de sostenibilidad fuerte tiene cuatro capítulos. El capítulo 2 proporciona un análisis integrado de la energía. En el alcance que tiene esta investigación, es interesante contrastar el Ecuador con otros países con patrones similares (o disímiles) en cuanto a tiempo y espacio; por tanto, se hacen comparaciones internacionales, especialmente con América Latina.

El capítulo 3 contiene una aplicación (basada en el trabajo teórico de Mario Giampietro) de la *evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* a la historia económica reciente del Ecuador. Esto se ha realizado con el objeto de proporcionar una herramienta complementaria de análisis, a ser utilizada de manera adicional a otras herramientas analíticas ya disponibles (análisis histórico, social, institucional, económico convencional, etc). La mayor ventaja de este método integrado de análisis no es proporcionar explicaciones totalmente “nuevas” u “originales” a los eventos. Utilizando conceptos y términos diferentes, otros científicos provenientes de diferentes disciplinas, han descrito, también de una manera útil, las diferentes fases de la historia económica reciente del Ecuador. Esto significa que ellos han encontrado muchos puntos relevantes para explicar las diversas fases consideradas en el análisis. Sin embargo, este acercamiento hace posible integrar las introspecciones proporcionadas por diferentes disciplinas, permitiendo las sinergias entre ellas. La investigación se centra en los cambios cruciales acontecidos durante los años 70, relacionados con el boom petrolero. Los cambios son descritos utilizando variables económicas y biofísicas (tanto intensivas como extensivas, relacionadas con diferentes niveles jerárquicos).

Acorde con lo descrito anteriormente, un estudio paralelo de las transformaciones en los usos de la tierra, que también utiliza indicadores relacionados con el impacto ecológico, se encuentra disponible en el capítulo 4. Se presenta una sinopsis de los cambios en el contexto socio-económico del sector agrícola. Estos cambios son descritos utilizando variables económicas y biofísicas. Como un caso de estudio que puede generar investigaciones futuras, este capítulo investiga *la apropiación humana de los productos de la fotosíntesis*, así como la *huella ecológica* en el contexto de cambios en el uso de la tierra.

El capítulo 5 presenta una aplicación de análisis multicriterio de la economía ecuatoriana en el período de 1970-1998. Por análisis multicriterio me refiero al examen y evaluación de la economía de una manera multidimensional, utilizando indicadores de diverso rango, los cuales pueden emitir mensajes contradictorios en cuanto a la sostenibilidad ecológica y económica.

Por último, el capítulo 6 contiene comentarios finales concisos.

Comentarios sobre las fuentes de información utilizadas

La información utilizada en esta tesis ha sido obtenida de fuentes primarias y de instituciones nacionales e internacionales confiables. En muchos casos, la información local no coincide con la internacional, y en algunos aspectos existen brechas en la información obtenida. En toda la investigación, se han utilizado datos desde 1970 hasta 1998 a fin de lograr un acercamiento a varias etapas históricas atravesadas por el Ecuador. Cuando ha sido necesario completar una serie de datos debido a falta de información, se han realizado supuestos de la manera más explícita y transparente posible, para así evitar el apareamiento de “números mágicos”. En aquellos casos en donde la extra o interpolación de datos puede conllevar problemas, el escritor ha optado por realizar el análisis o establecer el indicador utilizando información disponible.

El principal criterio para definir los indicadores simples ha sido su relevancia, la contribución al análisis del objeto de estudio, y en algunos casos, la facilidad de construcción. El establecer indicadores sintéticos es muy complejo, ya que requiere resumir y refinar una gran cantidad de información dispersa. Al establecer los indicadores prevalecen los aspectos técnicos, a pesar de que el autor reconoce que el término “técnico” está lejos de ser un concepto neutral.

Parte I
Acercamiento a la
sostenibilidad débil

Capítulo I

Indicadores de sostenibilidad débil

El objetivo principal de este capítulo es discutir la sostenibilidad en el sentido “débil” del término, lo cual implica asumir que el capital económico y el “capital natural” son sustitutos, como se explica en la sección 1. La sección 2 trata de las correcciones “verdes” al *sistema de cuentas nacionales* (SCN). La sección 3 proporciona una explicación al *método de depreciación* desarrollado por Robert Repetto. En realidad, se ha realizado una aplicación del *método de depreciación* para el petróleo y los bosques, en donde se incluye una discusión sobre los manglares. La sección 4 presenta una explicación y aplicación del costo de uso desarrollado por El Serafy. Para poder aplicar el método del costo de uso se necesita realizar vigorosos supuestos en cuanto a la elección de *una* tasa de descuento o interés. El Serafy consideró al petróleo como un recurso no renovable, pero no tomó en consideración los costos sociales negativos de la explotación de petróleo, representados por el deterioro del medio ambiente, la vida y la salud humana. Debido a esto, en la sección 5 se presenta una estimación de algunas externalidades negativas provocadas por la explotación del petróleo. Recientemente, el Banco Mundial/BIRF (2000) ha presentado una serie de tiempo de los ahorros domésticos genuinos para determinados países, entre 1970 y 1998, incluyendo una serie de tiempo de este indicador para el Ecuador. Por esta razón, en la sección 6 se analizan las principales deficiencias de los ahorros domésticos genuinos del Banco Mundial. En la última sección se realizan comentarios finales.

La sostenibilidad débil

Los indicadores de sostenibilidad débil tienen dos raíces conceptuales. En primer lugar, las propuestas de Lewis Gray en 1913-14 y Harold Hotelling en 1931, que establecieron una “regla” acerca del sendero óptimo de extracción de los recursos

agotables. El sendero óptimo se obtiene al maximizar el ingreso neto¹. En esencia, en cada instante la elección óptima depende de la comparación entre la ganancia neta (precio de mercado menos costo marginal de extracción), producida por vender el recurso natural e invertirlo a la tasa de interés de mercado y la ganancia obtenida por mantener el recurso en el subsuelo para venderlo en el futuro.

La segunda raíz conceptual proviene de los modelos neoclásicos de crecimiento económico de los años setenta. Estos modelos teóricos incorporaron el “capital natural” agotable, en el contexto del estudio económico.

En una revisión detallada de estos trabajos, Cabeza (1996) indica que el concepto de sostenibilidad débil puede ser presentado como una aplicación directa de la regla del ahorro-inversión proveniente de la teoría de crecimiento con recursos agotables. Según Cabeza, uno de los objetivos del trabajo de Solow en 1974 fue establecer las condiciones que permitirían a una economía crecer indefinidamente bajo la presencia de recursos naturales limitados. La preocupación de Stiglitz en 1974 se centró también en cómo la existencia de una cantidad finita de capital natural podría limitar el crecimiento económico y de la población. Stiglitz, de acuerdo con la autora, enfatizó en el rol de la sustitución entre el capital natural y el capital económico, y en el papel del cambio tecnológico y los retornos a escala como fuerzas para compensar los límites al crecimiento impuestos por los recursos agotables. El supuesto de la sustitución tuvo un rol importante en los trabajos de Dasgupta y Heal en 1979.

La etapa final en la derivación de la regla del ahorro-inversión, necesaria para definir un indicador de sostenibilidad débil, se encontró en el trabajo de Hartwick en 1977 y en los trabajos de Solow en 1986. El artículo de Hartwick presentó los resultados, después conocidos como la Regla Hartwick-Solow, que para obtener un nivel de flujo constante de consumo *per cápita* hacia el infinito, la sociedad debía invertir todos los retornos obtenidos de la utilización del stock de los recursos agotables (Cabeza, 1996).

La “variante Solow-Stiglitz”, un caso muy clásico de estos modelos, se sostiene en una función de producción del tipo Cobb-Douglas², en donde uno de los supuestos fundamentales es la sustitución entre el *capital económico* (K_E) y el “*capital natural*” (K_N), por lo que los recursos naturales pueden ser explotados sin límites gracias a las bondades del cambio tecnológico. La función de producción (Q) del tipo Cobb-Douglas es de la siguiente forma:

1 El ingreso neto entendido como el valor presente del flujo de los ingresos temporales. En términos matemáticos es la sumatoria (o la integral) de los valores presentes de los ingresos temporales.

2 ¿Por qué los modelos neoclásicos de crecimiento económico con recursos agotables utilizan funciones de producción Cobb-Douglas? No existe ninguna justificación teórica importante. Generalmente, se emplean por su facilidad de manejo.

$$Q = K^a R^b L^f$$

en donde K es el stock de capital (económico), R es el flujo de recursos usados en la producción (Solow añadió esta variable dejada de lado en la mayoría de los modelos neoclásicos), y L es la oferta de trabajo. Puesto que se asume rendimientos constantes a escala, entonces la suma de las elasticidades de K, R y L es igual a 1 ($a + b + f = 1$). Tal como lo demuestra Georgescu-Roegen (1979) en una demoledora crítica al trabajo de Robert Solow, en esta expresión matemática, con una fuerza de trabajo constante, L_0 , podía obtenerse cualquier Q_0 , si el flujo de recursos naturales satisface la condición:

$$R^b = Q_0/K^a L_0^f$$

R puede ser tan pequeña como se desea, siempre que K sea suficientemente grande. Esto significa una sustitución entre K y R y evidencia que R puede ser explotado sin límites por cambio tecnológico.

“Solow y Stiglitz no habrían llevado a cabo su truco de magia (el incorporar R) si hubiesen tenido en cuenta, primero, que todo proceso material consiste en la transformación de unas materias en otras (los elementos de flujo) por parte de unos agentes (los elementos de fondo), y, segundo, que los recursos naturales se ven muy socavados en el proceso económico. No son como cualquier otro factor de producción. Una variación en el capital o el trabajo únicamente puede reducir la cantidad de desechos en la producción de una mercancía: ningún agente puede crear la materia con la que trabaja, ni el capital puede crear la sustancia de la que está hecho.” (Georgescu-Roegen, 1979: 98)

De esta manera, los modelos neoclásicos caracterizan la sostenibilidad como la obtención del bienestar social no decreciente en el tiempo. El bienestar social está definido como una función de utilidad agregada o el nivel de consumo por habitante. La relación entre medio ambiente y economía está restringida a la introducción de un insumo agregado, denominado capital natural en la función de producción, sin ningún tratamiento especial para tal insumo excepto por su existencia de cantidad limitada (Cabeza, 1996).

Con estos criterios, la llamada escuela de Londres, conducida por David Pearce y sus colegas, formuló la necesidad de mantener el stock de capital natural, valorizado a precios de mercado (Victor, 1991), como un medio para alcanzar el desarrollo sostenible. Hay varios problemas con este enfoque:

“Primero, no hay precios de mercado para recursos tales como aire, agua o áreas naturales y los precios sombra deben ser estimados. Segundo, los precios

pueden que no sean útiles: pueden ser afectados por imperfecciones de mercado e impuestos, y pueden excluir las externalidades involucradas con la producción y uso del recurso. Además, no capturan adecuadamente el interés de las futuras generaciones. En otras palabras, pueden tener escasa o ninguna relevancia normativa para valorar el stock de capital natural” (op. cit., p. 203).

La formalización del postulado de mantener el stock de capital natural, base de la sostenibilidad débil, se encuentra en Pearce y Atkinson (1993). En su artículo indican que una economía es sostenible en el sentido débil, si el ahorro es mayor que la suma de la depreciación del K_E y del K_N (“regla del ahorro”). En esta percepción, la sostenibilidad deviene en el mantenimiento del stock de capital total, lo que es una mera extensión de los modelos neoclásicos de crecimiento económico con la incorporación de recursos agotables.

Ellos muestran cómo entre las economías sostenibles están las de Japón (en primer lugar), Holanda, Alemania y Estados Unidos. Martínez-Alier (1995) ha cuestionado detenidamente estos resultados, pues, además de la debilidad de los supuestos, por el peso de estos países en la economía mundial, las estimaciones de Pearce y Atkinson (1993) llevarían a la afirmación de que la economía mundial en conjunto ha estado en situación sostenible en el sentido débil.

Desde el lado de la evaluación de proyectos y en la misma línea de la sostenibilidad débil, se inscribe el análisis costo- beneficio (ACB), la herramienta neoclásica por excelencia en el análisis de política ambiental (Nijkamp, 1986). La construcción de un ACB social tiene varias etapas: la identificación y valoración monetaria, tanto de los beneficios como de los costos generados por un proyecto, la determinación de una tasa de descuento, la fijación de un horizonte temporal y la construcción de un indicador que permita traer los costos y beneficios a un valor actual, tal como el valor presente neto o la relación entre costo y beneficio (Munda, 1995, 1997).

El ACB social tiene como objetivo alcanzar el “excedente social” de las decisiones de inversión pública, basado en un principio de eficiencia que resulta de la maximización del excedente del consumidor, el cual tiene algunas críticas: el supuesto de una curva de demanda lineal, la hipotética utilidad marginal constante y la consideración de que la curva de la demanda es solo parcial y no toma en consideración los efectos de la inversión sobre los precios de todos los bienes (Munda, 1995). Pero quizás una de las críticas más profundas es que el ACB social es incapaz de incluir medidas de equidad ambiental por dos razones: por la incapacidad para transformar los impactos que no pasan por el mercado en un consistente y manejable sistema de precios y, por la insuficiencia para integrar los aspectos distributivos de las medidas ambientales en un contexto de eficiencia (Nijkamp, 1986).

La corrección al sistema de cuentas nacionales

El PIB como indicador de bienestar

El SCN es un instrumento de información macroeconómica, que explica de manera cuantitativa la estructura y variación de la economía en forma integral y sectorial. El crecimiento del *producto interno bruto* (PIB) (o del PIB por habitante) es casi siempre uno de los objetivos principales de la política económica de los gobiernos: un tasa de crecimiento alta es muchas veces interpretada como un señal del éxito de dichas políticas y también como un indicador del aumento del bienestar de la población.

El PIB es un importante indicador del desenvolvimiento económico. El problema se presenta cuando se intenta evaluar el desempeño de un país solamente con este indicador. Se puede incluir al PIB per cápita como uno de los criterios para la toma de decisiones políticas; pero, este no es único.

El SCN ha sido criticado desde diferentes perspectivas. Por el lado económico, se han levantado reparos sobre la omisión de actividades no remuneradas, predominantemente del trabajo en los hogares. El valor promedio del PIB per cápita esconde otras variables que tienen un impacto sobre el bienestar por ejemplo, sobre la distribución del ingreso o sobre el ocio no remunerado. Desde el lado ambiental, esencialmente se cuestiona la falta de contabilidad de la degradación de los recursos naturales y la incapacidad del sistema de tratar adecuadamente los gastos defensivos.

Los gastos “defensivos” y la “Ley de Leipert”

En el SCN, los gastos de protección del medio ambiente o los gastos “defensivos” son tratados de manera diversa, de tal forma que en ocasiones figuran como costos intermedios, otros como consumo final o como inversión, dependiendo de si son incurridos por las administraciones públicas, los hogares o las empresas. Si son contabilizados como consumo final o inversión, incrementan directamente el PIB. Para algunos investigadores, los costos incurridos para prevenir o mitigar un daño debe ser considerado como gasto defensivo y ser tratado como consumo intermedio, o sea debe ser deducido del valor agregado neto y el PIB (Carvajal, *et al.*, 1997).

Sobre este punto, Christian Leipert del Instituto Internacional para Medio Ambiente y Sociedad de Berlín, Alemania, advierte que si se considera el incremento de las actividades económicas que reflejan las cuentas nacionales como indicador de riqueza y/o de progreso, no deberían considerarse los diferentes gastos que el país debe realizar para reparar el medio ambiente dañado. En caso de hacerlo, se incu-

rriría en una doble contabilidad puesto que con anterioridad se incluyeron las actividades que provocaron esa destrucción o contaminación (Leipert, 1985).

Hay en ese sentido, una “Ley de Leipert” conforme a la cual los gastos defensivos aumentan (según las cifras alemanas) más rápido que el PIB, es decir a la larga se llegaría a la inconcebible situación de que la economía debe crecer, con el fin de proteger a la ciudadanía del crecimiento de la propia economía.

Muchos investigadores e instituciones han identificado la necesidad de contabilizar mejor los activos de recursos naturales, así como definir y calcular un ‘PIB ambientalmente ajustado’ o un ‘PIB verde’. Para algunos autores (tales como mi persona), los costos incurridos en prevenir o mitigar el daño deben ser considerados como gastos defensivos y ser tratados como consumo intermedio. Por tanto, deben ser sustraídos del valor agregado neto y del PIB (Carvajal *et al.*, 1997).

Sobre esta misma base, hay un intento para establecer una contabilidad ambiental satelital, como ha sido propuesta por las Naciones Unidas (Commission of the European Communities., *et al.*, 1993). Se revisarán estas propuestas en los siguientes puntos.

El ingreso hicksiano

Todas estas objeciones relacionadas al SCN han dado lugar a una corriente que propone tratar al PIB como el principal indicador macroeconómico, en línea con el ingreso nacional sustentable (INS). Para alcanzar el INS, la definición de ingreso de Hicksiano relacionada con la regla sobre la que el stock de capital debe permanecer constante de una generación a la siguiente, se ha convertido en un punto de referencia obligatorio. Por tanto, si al ingreso se lo relaciona con un bien agotable (como el petróleo) que será limitado en el futuro cercano, el curso de acción prudente propuesto por Hicks (1954) será generar formas de ingreso alternativas. De esta manera, las generaciones futuras podrían beneficiarse del bien no renovable.

Medir el INS implica ajustar el SCN y alcanzar un *producto doméstico neto* (PDN) denificado como el PIB menos la depreciación de los stocks de capital económico. El PDN “verde” se lo puede obtener al incorporar la depreciación sobre las existencias de capital natural.

Esta supuesta relación e identidad entre el INS, el ingreso hicksiano y el PDN “verde” implica asumir condiciones muy restrictivas (Faucheux y O’Connor, 1998) y requiere de la colocación de un valor de mercado sobre el capital natural, el cual es muy incierto tanto desde una perspectiva teórica como empírica.

La crítica de Claude

Frente al acuerdo tácito de los autores anteriores, está la crítica de Claude (1994) quien abre la posibilidad de que los gastos defensivos deban ajustar hacia arriba el producto, pues están de todas maneras restaurando un bienestar perdido. El autor citado reconoce que esto podría crear un “crecimiento contaminador” como el más adecuado para acelerar la tasa de incremento del producto, debido a incentivos y demandas por actividades de descontaminación que elevarían el empleo, el ingreso, el consumo, y también contribuirían al bienestar reduciendo la contaminación.

El índice de bienestar económico sostenible (IBES)

Tampoco han sido nuevos los intentos para corregir las cuentas nacionales (Linnott, 1996). En 1973, Nordhaus y Tobin fueron los primeros en proponer una versión modificada del ingreso nacional, al cual le denominaron *medición de bienestar económico* (MBE). La MBE dio como resultado una definición más amplia de los activos, la reclasificación de gasto, la inclusión del ocio y de varios tipos de producción fuera del mercado, así como la sustracción de una variedad de costos relacionados con la urbanización. Zolotas (1981) calculó una medida alternativa de bienestar que tomó en cuenta los costos de la contaminación (*índice de aspectos económicos del bienestar*).

Desde otra perspectiva, Daly y Cobb en su libro *For the Common Good* (1989), presentaron el *índice de bienestar económico sostenible* (IBES) en su intento de incluir un indicador de bienestar. Utilizando los datos de los Estados Unidos desde 1959 hasta 1986, ellos concluyeron que el crecimiento anual del PIB per cápita había sido de 1.9%, mientras el IBES per cápita tan solo había incrementado en 0.53%. En la segunda edición de su libro, publicada en 1994, Daly y Cobb revisaron sus cálculos previos, con las bases metodológicas iniciales.

El IBES parte del consumo personal. El consumo personal es corregido por el efecto de la distribución del ingreso (con un índice de inequidad de ingreso). Una vez obtenido el consumo personal modificado por los efectos de distribución, una variedad de servicios fuera del mercado (tales como el trabajo no remunerado realizado en los hogares, relacionado con la cocina, la limpieza y el cuidado de los niños) son añadidos junto con otros encontrados en el mercado, como el valor de los servicios derivados de bienes durables, los servicios proporcionados por las calles y caminos, y una parte de gasto del gobierno en salud y educación considerado como no-defensivo. Los siguientes rubros son sustraídos: una parte del gasto del gobierno en salud y educación (valorados como defensivos), costos ambientales y sociales (transporte, urbanización, accidentes automoto-

vilísticos y contaminación del agua, aire y sonido) y la pérdida de capital natural (deforestación, pérdida de la tierra agrícola, gasto de los recursos renovables y no renovables, daño ambiental de largo plazo). Finalmente, el crecimiento del capital neto es agregado.

Recientemente, aplicaciones del IBES han sido realizadas por ejemplo en Austria, Chile, Dinamarca, Alemania, Holanda y el Reino Unido (Castañeda, 1997; Stockhammer *et al.*, 1997). Estas han intentado mantener la metodología original, no obstante ciertas modificaciones han sido realizadas para cada país, tomando en cuenta la información existente.

La propuesta de Hueting

Hueting, desde una perspectiva más cercana a la sostenibilidad fuerte (1989, 1991), advierte que la corrección del SCN tiene un problema insoluble: la construcción de precios sombra para la pérdida de las funciones ambientales (el número de los posibles usos actuales y futuros que se pueden hacer del medio ambiente) que sean directamente comparables a los precios de mercado de los bienes y servicios producidos por los humanos.

¿Cuál es la solución de Hueting?. En primer lugar, definir estándares físicos para el mantenimiento de las funciones ambientales claves en el largo plazo, basados en su uso supuestamente sostenible; luego, formular las medidas de política ambiental necesarias para encontrar esos estándares; y finalmente, estimar las cantidades de dinero necesarias para poner esas medidas en práctica. De esta manera, para cada función ambiental que demande protección o restauración, se requiere identificar los costos económicos mínimos, con el propósito de alcanzar los niveles sostenibles. Estos costos para todas las categorías de las funciones ambientales se añaden, y después se sustraen del PNN (*producto nacional neto*).

Ahora bien, y este es un punto esencial: según Hueting los estándares tienen que ser puestos en el marco del desarrollo sostenible, tal como sostiene el reporte de la Comisión Brundtland elaborado en 1987. Es decir Hueting asume la posibilidad de interpretar este concepto de desarrollo sostenible en términos de estándares ambientales. Con justa razón, Roca (1998) también cuestiona esta propuesta y se pregunta si: “¿tiene sentido, y especialmente a nivel de un único país, definir con precisión exacta cuáles son los estándares de sostenibilidad?”.

A partir de la propuesta de Hueting, el enfoque GREENSTAMP plantea una estimación de un PIB verde y, por extensión, de un SNI basado directamente en un diseño de una economía nacional, a fin de calcular un producto económico viable, sujeto a respetar un conjunto específico de normas de calidad ambiental (sostenibilidad ecológica y económica) (O'Connor *et al.*, 1999).

Esta orientación no significa monetizar la demanda social para bienes y

servicios ambientales, más bien establece estándares ambientales de sostenibilidad en términos no monetarios (por ejemplo umbrales para la contaminación). De tal forma, más de un PIB verde puede ser calculado en función de los estándares ambientales determinados. Esto implica dos situaciones; en primer lugar, realizar un análisis para evitar costos a nivel de empresas y por ramas y sectores, lo cual constituye la base para calcular las implicaciones de una (hipotética) reducción de una presión ambiental específica (tal como las emisiones de dióxido de carbono). En segundo lugar, efectuar un diseño multisectorial en toda la economía, sea a nivel estático o dinámico.

Con estos antecedentes teóricos, se puede revisar críticamente el método de depreciación y su aplicación en el caso ecuatoriano.

Aplicación del método de depreciación para el petróleo y bosques

La sostenibilidad débil asume que las formas de capital son sustituibles unas con otras. “En la interpretación de la sostenibilidad débil del desarrollo sostenible no hay un lugar especial para el ambiente. El medio ambiente es simplemente otra forma de capital.” (Pearce *et al.* 1993: 16) El reemplazo de las distintas formas de capital se realiza a través de un denominador común: el dinero.

Una economía es sostenible en el sentido “débil” si ahorra más que la suma combinada de la depreciación del capital económico y la depreciación del “capital natural” (Pearce y Atkinson, 1993). Esto es:

$$Z > 0 \text{ si y sólo si } S > (dK_E + dK_N)$$

donde Z es el índice de sostenibilidad, S es el ahorro, dK_E es el valor de la depreciación del capital económico y dK_N es el valor de la depreciación del capital natural. Si se divide la expresión anterior para el ingreso se tiene que:

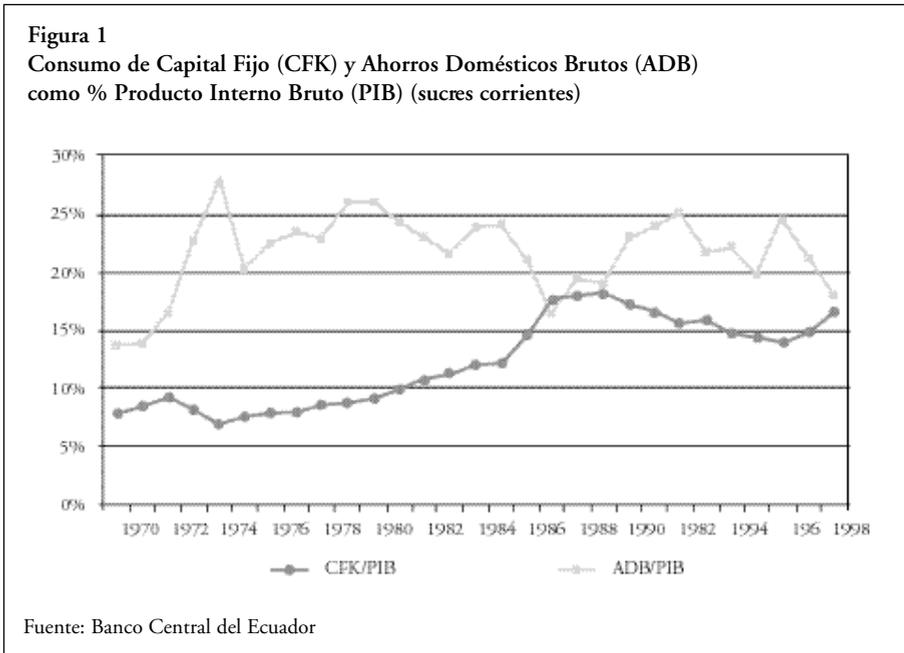
$$Z > 0 \text{ si y sólo si } (S/Y) > [(dK_E/Y) + (dK_N/Y)]$$

La inigualdad anterior deriva en un indicador de sostenibilidad de la siguiente forma:

$$Z1 = (S/Y) - dK_E/Y - dK_N/Y$$

La depreciación del capital económico

El Banco Central del Ecuador, tiene en su *sistema de cuentas nacionales* (SCN), información cuantitativa para establecer las relaciones S/Y (ahorro doméstico bruto como porcentaje del PIB) y dK_E/Y (consumo de capital fijo o hecho por el hombre como porcentaje del PIB)³. Estos datos se aprecian en la figura 1.



La depreciación del capital natural

La depreciación del *capital natural* se obtiene utilizando el método de depreciación desarrollado por Robert Repetto, del World Resources Institute. Este autor hizo algunas aplicaciones en Indonesia, en donde obtuvo un producto interno neto (PIN), luego de deducir del PIB la depreciación del petróleo, recursos forestales y erosión del suelo. Una de sus principales conclusiones fue que mientras el PIB creció a una tasa anual de 7.1% de 1971 a 1984 (período cubierto por el estudio), el PIN sólo se incrementó al 4% anual (Repetto, 1992). También se hizo una aplicación de este método en Costa Rica (World Resources Institute, 1991).

3 Donde:

Ahorro doméstico bruto = PIB – consumo total (público y privado).

Ahorro doméstico neto = *ahorro doméstico bruto* – consumo de capital fijo o hecho por el hombre.

Kellenberg (1995) realizó cálculos similares para el Ecuador. Al aplicar el método de depreciación, llegó a la conclusión que el agotamiento del valor del capital natural relacionado a los sectores petrolero y forestal, ascendió a US\$ 8.9 billones, entre 1971 y 1990. En las siguientes secciones, además de actualizar la información, se revisa críticamente esas cifras.

La depreciación del capital natural petrolero

a) Valoración física

La identidad básica contable es que el stock inicial petrolero más el incremento (nuevos descubrimientos y/o revisiones técnicas) menos la extracción, destrucción o disminución es equivalente al stock final petrolero.

En el Ecuador, en 1972 se estimaron reservas probadas (conocidas con certeza) por 1.500 millones de barriles (bbl); en 1980 se calcularon 974 millones de bbl y a fines del 2000 las reservas probadas eran de 4.566 millones de bbl. Las apreciaciones de las reservas fueron significativas en el año 1973, en el período 1978-1980, entre los años 1984-1987 y en la fase 1991-1993. Con los niveles de extracción del 2000 (146 millones de bbl), la relación entre las reservas probadas y la extracción del petróleo es de 31 años (demanda constante) y de 22 años si se incorpora el crecimiento esperado del consumo de energía (demanda dinámica⁴).

La extracción de petróleo mostró una tendencia ascendente, si bien existieron claramente distintos momentos. En el año 1973, con un volumen de extracción de 76.2 millones de barriles, se notó un pico y luego se observó una reducción en la extracción petrolera. En 1979, con 78.9 millones de barriles, se apreció nuevamente una alza. En los años ochenta, cuando acaeció la crisis económica y social, la extracción aumentó considerablemente. En 1987, debido al terremoto de marzo, la extracción cayó a 63.8 millones. A partir de 1988 y hasta el momento, la extracción de crudo ha aumentado sostenidamente.

La tendencia creciente de la extracción petrolera obedeció principalmente a dos factores: a la necesidad de obtener ingresos fiscales para mitigar los desequilibrios presupuestarios y a un mayor consumo interno de combustibles, debido al aumento de la demanda por habitante y a la intensificación de las necesidades de generación de energía termoeléctrica.

4 El índice dinámico (ID) se calcula de la siguiente manera:

$$ID = \ln[(g \times s) + 1]/g$$

donde:

g = tasa de crecimiento proyectada del consumo de energía.

s = índice estático, o el número de años que durará el recurso con una demanda constante.

ln = logaritmo natural.

b) Valoración monetaria

Método 1

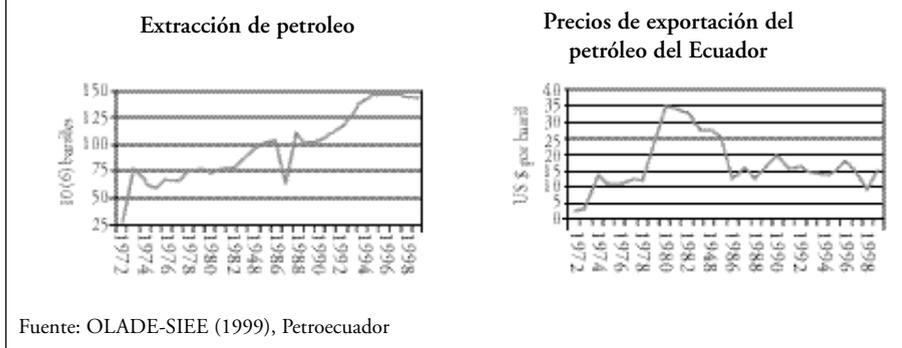
El concepto de renta petrolera es central para la valoración monetaria del petróleo. La renta petrolera unitaria es igual al precio de exportación menos los costos de extracción y transporte. La depreciación (apreciación) del petróleo es igual a la modificación anual negativa (positiva) de las reservas probadas anuales, multiplicadas por la renta unitaria.

En el Ecuador, la evolución de los precios internacionales de exportación del petróleo ha sido errática a través del tiempo. A partir de 1973 y particularmente en 1974, los precios en términos reales (US\$ 1992) aumentaron considerablemente, tendencia que se mantuvo en la década de los setenta. En 1980, el precio del petróleo llegó a un máximo, en promedio. Desde entonces, los precios del petróleo en términos reales cayeron. El Ecuador se benefició de una importante renta petrolera, puesto que los costos de extracción fueron relativamente bajos.

Como se aprecia en los gráficos 2 y 3, cuando baja el precio del petróleo, el Estado extrae más petróleo de sus reservas, para mantener el beneficio que dan los impuestos para ese objetivo y, para cubrir el presupuesto (excepto en el año 1987 cuando hubo un terremoto que destruyó parte de la infraestructura petrolera). Esta práctica viola el criterio de optimización para la extracción de un recurso no renovable, según lo establecido por Hotelling, quien indica que cuando el precio de un recurso renovable declina, debería extraerse menos y no aumentar la explotación (Burbano, 1996)⁵.

5 Burbano (1996) aplicó los principios de Hotelling para la optimización del valor presente del flujo de fondos de la exportación petrolera del Ecuador, en su condición de país marginal (precio aceptante), considerando la restricción de la capacidad de transporte del oleoducto transecuatoriano. El resultado teórico es bastante intuitivo: se debería exportar más cuando hay precios altos. En la práctica, se hace lo opuesto. Luego se relativiza el resultado teórico al considerar los problemas ambientales, pues estos deberían incorporarse en la función de costo, pero aparece el problema de la conmensurabilidad de valores.

Figuras 2 y 3



La figura 2 muestra una tendencia creciente de la extracción del petróleo entre 1972 y el 2001, mientras que la figura 3 presenta una evolución errática de los precios de exportación del crudo. Esto demuestra que Ecuador no ha seguido una senda óptima de explotación de este recurso agotable, conforme a lo estipulado por Harold Hotelling en su conocido artículo "The Economics of Exhaustible Resources" publicado en 1931.

El país experimentó una depreciación del capital natural petrolero en el período 1972-1983, salvo en 1973 y 1982, en el lapso comprendido entre 1988 y 1990 y en los años 1994-1996, tal como se comprueba en el gráfico 4. El incremento en las reservas petroleras permitió una importante apreciación del capital natural petrolero entre 1984 y 1987, en el período de 1991 y 1993 y durante 1997-1998, aunque el agotamiento compensó una buena parte de la formación de capital bruto. En 1974 y 1976, el agotamiento del petróleo excedió a la inversión bruta, es decir los recursos naturales fueron gastados para financiar los gastos de consumo (ver tabla 1 y figura 4).

Método 2

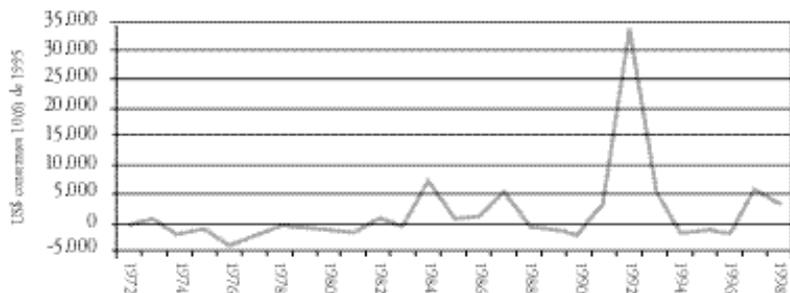
Las series de reservas petroleras comprobadas han experimentado variaciones repentinas, las que han ocurrido en algunos años debido a nuevos descubrimientos o evaluaciones técnicas (ver nuevamente la tabla 1). Por esta razón, en el método 2, el agotamiento del petróleo es igual al producto unitario de las rentas del recurso y las cantidades físicas extraídas de petróleo. La depreciación del petróleo por el segundo método se ilustra en la figura 5.

Tabla 1
Depreciación/Apreciación del petróleo

Año	Precio exportación del petróleo	Costo	Renta	Cambios en reservas comprobadas 10 ³ barriles	Depreciación/Apreciación del petróleo 10 ³ US\$	Tipo de cambio Suces por US\$	Depreciación/Apreciación del petróleo	Inversión bruta pública + privada
	US\$ por barril						10 ⁹ suces	
1972	2,5	0,35	2,15	-84.700	-182.105	25	-5	8
1973	4,2	0,34	3,86	38.579	148.915	25	4	11
1974	13,7	0,59	13,11	-63.678	-834.819	25	-21	17
1975	11,5	0,61	10,89	-57.901	-630.542	25	-16	25
1976	11,5	0,63	10,87	-202.500	-2.201.175	25	-55	29
1977	13	0,65	12,35	-115.506	-1.426.499	25	-36	39
1978	12,5	0,67	11,83	-26.392	-312.217	25	-8	50
1979	23,5	0,87	22,63	-49.502	-1.120.230	25	-28	55
1980	35,26	1,02	34,24	-49.237	-1.685.875	25	-42	69
1981	34,48	1,29	33,19	-69.785	-2.316.164	25	-58	78
1982	32,84	2,15	30,69	9.952	305.427	31	10	94
1983	28,08	3,61	24,47	-32.286	-790.038	50	-40	93
1984	27,46	3,70	23,76	255.377	6.067.758	71	428	125
1985	25,9	4,32	21,58	10.881	234.812	93	22	178
1986	12,78	4,74	8,04	87.106	700.332	132	92	260
1987	16,28	5,68	10,6	359.206	3.807.584	190	723	407
1988	12,68	4,27	8,41	-79.411	-667.847	331	-221	643
1989	16,2	3,52	12,68	-73.298	-929.419	532	-495	1.071
1990	20,36	2,06	18,3	-86.357	-1.580.333	776	-1.227	1.513
1991	16,22	2,01	14,21	169.152	2.403.650	1067	2.564	2.416
1992	16,81	2,04	14,77	1.715.600	25.339.412	1562	39.576	3.784
1993	14,42	2,06	12,36	419.800	5.188.728	1888	9.796	5.457
1994	13,68	2,10	11,58	-168.600	-1.952.388	2161	-4.219	6.852
1995	14,83	2,10	12,73	-105.900	-1.348.107	2555	-3.444	8.537
1996	18,02	2,10	15,92	-136.300	-2.169.896	3170	-6.879	10.798
1997	15,45	2,05	13,4	425.000	5.695.000	4000	22.780	15.053
1998	9,2	2,00	7,2	428.000	3.081.600	5450	16.795	22.550

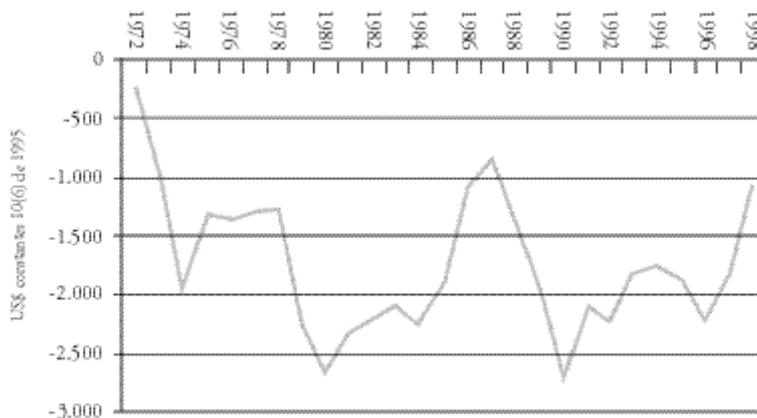
Fuentes: Calculado de datos obtenidos del Banco Central del Ecuador, OLADE-SIEE (1999), y Petroecuador

Figura 4
Depreciación/Apreciación del petróleo (Método 1)



Fuentes: Calculado de datos obtenidos del Banco Central del Ecuador, OLADE-SIEE (1999), y Petroecuador

Figura 5
Agotamiento del petróleo (Método 2)



Fuentes: Calculado de datos obtenidos del Banco Central del Ecuador, OLADE-SIEE (1999), y Petroecuador

La depreciación del capital natural forestal

Valoración física

Los recursos forestales pueden ser contabilizados en hectáreas, en toneladas de biomasa o en metros cúbicos de madera disponible. La última medida (metros cúbicos) es probablemente la más significativa (Repetto, 1992). El incremento de los stocks forestales puede originarse por la regeneración y el crecimiento “natural” y por la reforestación (plantaciones forestales). Las reducciones pueden ser clasificadas en producción (cosecha), degradación natural (fuego, plagas de insectos, etc.), degradación realizada por los humanos y deforestación. El calificativo “natural” se utiliza en contraposición a las plantaciones forestales.

Recursos forestales

a. Bosques naturales

Las diferencias entre épocas y metodologías empleadas en los inventarios realizados en los bosques naturales en el Ecuador, no permiten una evaluación precisa del área forestal en el país. Tampoco existe un sistema de inventario forestal nacional continuo que permita el monitoreo de la explotación y de la disponibilidad de los bosques naturales (INEFAN- ITTO, 1993).

La evaluación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, en cuanto a los recursos forestales, indica que los bosques naturales disminuyeron de 16.6×10^6 ha en 1970 a 14.3×10^6 ha en 1980, decreciendo a 12×10^6 en 1990 y 11.1×10^6 ha en 1995 (Kellenberg, 1995, FAO 1995b, FAO, 1999, WRI, 1999). Esto significó una deforestación anual de 229.5000 hectáreas durante los años 70, 238.00 hectáreas por año durante los 80, y 190.000 hectáreas por año en la década de los 90⁶.

Los estudios gubernamentales (FAO *et al.*, 1995) indican que la superficie forestal asciende a 11.5 millones de ha de bosque nativo.

⁶ Estos no son los únicos datos existentes sobre la deforestación ecuatoriana. INEFAN-ITTO (1993) indicó que la deforestación anual fue de aproximadamente 140.000 hectáreas entre 1962 y 1985.

El World Resources Institute ha estimado una deforestación de 340.000 hectáreas por año entre 1981 y 1985 (WRI, 1990) y Myres (1991) estimó una tasa de deforestación de 300,000 hectáreas por año en el mismo período. Algunos investigadores han cuestionado los datos del WRI sobre deforestación y, en su opinión, “es muy probable que la deforestación en el Ecuador sea casi la mitad de la estimación total del WRI” (Southgate y Whitaker, 1994:107). Un informe de la ex institución gubernamental INEFAN, señala que “ la deforestación nacional en los últimos 30 años fue de aproximadamente 106.000 hectáreas por año”. (INEFAN, 1995: 11)

Amén de la falta de inventarios actualizados, las diferencias en los cálculos del área forestal y en las tasas de deforestación se deben a la falta de una definición uniforme de la terminología. Las predominantes visiones acerca de la deforestación se pueden sintetizar en “amplia” y “reducida” (Wunder, 2000). La explicación “amplia” incluye no solo la conversión forestal sino también los diferentes procesos de degradación que reducen la calidad de los bosques (densidad y estructura, servicios ecológicos, stocks de biomasa, diversidad genética, etc.). Por ejemplo, Norman Myres, adopta esta definición.

La interpretación “reducida” se centra en el cambio de uso de la tierra forestal. Así, la FAO define al bosque como “todo ecosistema que tenga como mínimo un diez por ciento de copa formada por árboles o bambúes, generalmente asociado a flora y fauna silvestres y a condiciones naturales del suelo, y donde no se practican actividades agrícolas.” (FAO, 1995*a*: 11)

De acuerdo con la FAO, deforestación es “un cambio en el aprovechamiento de la tierra reduciendo la cobertura de copa a menos de un 10% del área total.” (FAO, 1995*a*:11) Más explícitamente, en el sentido estricto deforestación significa “la tala total de todas las formaciones arbóreas (densas o claras) y su reemplazo por tierras cuyo aprovechamiento no es forestal (alienación).” (FAO, 1995*b*: 44) De esta manera, la deforestación significa la tala rasa de los bosques para otro uso (básicamente agropecuario) y su cambio eventual, después de algunos años, por una vegetación secundaria.

La degradación forestal no se refleja en las estimaciones de deforestación de la FAO. La degradación forestal se emplea “para definir el paso de una categoría forestal a otra (bosque denso en bosque claro) con consecuencias negativas para el rodal o el lugar, y que en particular causan una reducción de la capacidad de producción.” (FAO, 1995*a*:11)

Existen nueve categorías de cubierta vegetal según FAO (1995*b*: 40): bosque denso, bosque claro, barbecho largo (tierras forestales en las que se practica agricultura migratoria), bosques fragmentados (mosaico de tierras boscosas y no forestales), arbustos, barbecho breve, otra cubierta de la tierra, agua y plantaciones.

Las primera cuatro de las nueve categorías de vegetación representan el bosque en diferentes condiciones: mayor o menor densidad (densos y claros), modificaciones especiales de cubierta (“fragmentados”) y alteraciones periódicas (agricultura migratoria de larga duración). Al asociar de diferentes formas las cuatro categorías, se obtienen las definiciones del término “bosque”, desde la más estricta, que incluye únicamente la categoría de bosques densos, hasta la más amplia que abarca las cuatro categorías.

A juicio de la FAO (1995*b*: 46), los bosques densos son formaciones arbóreas continuas de origen natural, con una altura media de más de 5 metros y una cubierta de copa superior al 40% del área total. Los bosques claros son

formaciones arbóreas continuas de origen natural que poseen una altura media de más de 5 metros y una cubierta de copa entre el 10% y el 40% del área total. Los bosques densos no han sido profundamente alterados por las actividades humanas y los bosques claros (abiertos) son ecosistemas en proceso de regeneración de una alteración sustancial.

Para definir los volúmenes, se utiliza una de las características siguientes (FAO, 1995b: 44):

- VOB (m³/ha). Se refiere al volumen bruto con corteza del tronco libre (desde el tocón o los contrafuertes hasta la copa o la primera rama principal), de todos los árboles vivos de todas las especies cuyo diámetro supera los 10 cm a la altura del pecho (o por encima de los contrafuertes si éstos son más altos). En los trópicos se suele emplear el “volumen con corteza” en lugar del “volumen sin corteza” al no existir tablas con los volúmenes que tienen en cuenta el espesor de la corteza. En los bosques tropicales de América del Sur y el Caribe, el VOB promedio es 116 m³/ha, en Brasil es 116 m³/ha y en Ecuador 109 m³/ha. Multiplicando 109 metros cúbicos por hectárea por 11'962.000 hectáreas del área forestal registrada en 1990, se obtiene una estimación muy gruesa del volumen bruto de los bosques (1.304 millones de metros cúbicos).
- Biomasa (toneladas/ha). Es el peso secado al horno de todas las especies de árboles hasta un diámetro de 10 cm, e incluye la materia orgánica de la superficie tal como troncos, ramas, ramitas, hojas y frutas. El volumen de biomasa se calcula con diferentes métodos según el tipo de vegetación. En los bosques tropicales de América del Sur y el Caribe, la biomasa promedio es 185 toneladas/ha, en Brasil es 189 toneladas/ha y en Ecuador 197 toneladas/ha. Multiplicando 197 toneladas por hectárea por 11'962.000 hectáreas del área forestal registrada en 1990, se obtiene una estimación de la biomasa de los bosques (2.355 millones de toneladas).
- VAC (m³/ha). El VAC se refiere al volumen realmente comercializado, es decir, el volumen sin corteza de las trozas extraídas del bosque. Se conoce bien el VAC para los bosques productivos vírgenes. Sin embargo, es muy difícil, si no imposible, estimar el volumen comercial promedio que queda en los bosques ya aprovechados (FAO, 1981). Conforme a FAO (1981), el VAC, o sea el volumen de las trozas extraídas de una hectárea de bosque virgen productivo, no es muy alto. En promedio es de 8.5 m³/ha en los bosques latifoliados, y de 42.5 m³/ha en los bosques de coníferas⁷. Varía entre 5 y 15 m³/ha para los bosques de latifoliados en los países donde los bosques mixtos representan la totalidad, o la gran mayoría de los bosques latifoliados

aprovechados (Brasil, Ecuador, Paraguay, Perú, Venezuela), y es más alto en los países donde los bosques latifoliados homogéneos contribuyen significativamente al aprovechamiento. En el caso del Ecuador, el VAC para los bosques densos productivos latifoliados es 15 m³/ha y el VAC para los bosques densos productivos de coníferas es de 25 m³/ha.

De acuerdo a Southgate y Whitaker (1994: 60), en las áreas húmedas del Litoral ecuatoriano (en la provincia de Esmeraldas y la parte noroccidental de Pichincha), los mercados madereros y la infraestructura de transporte están comparativamente bien desarrollados. Como consecuencia de esta situación, la porción de biomasa que se puede clasificar como madera comercial es bien alta. Por el contrario, las fronteras agrícolas en la Amazonía son más lejanas, por lo tanto una porción menor de la madera encontrada es comerciable.

El volumen “comercial” estimado de los inventarios realizados en los bosques naturales del Ecuador varió de 77 m³/ha en la amazonía central, hasta 180 m³/ha en el noreste del país. En el noroccidente, para diámetros mayores o iguales a los 10 cm, el volumen comercial estimado fue de 127 m³/ha para un promedio de 186 árboles/ha, o una media de 0.68 m³/árbol. Para diámetros iguales o superiores a los 40 cm, el volumen comercial encontrado en el norte de Esmeraldas fue de 89 m³/ha para un promedio de 34.52 árboles por ha, o sea, una media de 2.59 m³/árbol (INEFAN-ITTO, 1993). Lastimosamente, no se define con exactitud el significado del término “comercial”.

b. Manglares

En 1969, había 203.6 mil ha de manglares (INEFAN, 1995) situados en las cuatro provincias de la Costa (sin tomar en cuenta Galápagos). La participación de la provincia del Guayas fue equivalente al 62% del área total de manglares, las provincias de El Oro y Esmeraldas alcanzaron el 16% del total, mientras que Manabí alcanzó el 6% del total. Para 1995, el área total de manglares declinó a 150,1 mil ha (INEFAN, 1995).

Los manglares han sido despojados y reemplazados por camarónicas. El área dedicada a las camarónicas creció de 89 mil hectáreas (ha) a 178 mil ha entre 1984 y 1995. La tasa de crecimiento anual de las camarónicas creció en 6.5% durante el mismo período.

7 Los bosques de coníferas tienen árboles clasificados botánicamente como Gymnospermae; por ejemplo cedro (*Cedrus*), pino (*Pinus*). La madera procedente de los bosques de coníferas suele denominarse blanda. Los bosques que no son de coníferas tienen árboles clasificados botánicamente como Angiospermae; por ejemplo guayacán (*Guaiacum*), chopo (*Populus*), teca (*Tectona*). La madera procedente de estos bosques suele denominarse dura.

El Ecuador es uno de los principales exportadores de camarones tropicales del mundo. De acuerdo al Banco Central (2002), en 2001 el camarón fue el tercer más importante de exportación (US\$ 281.4 millones), después del petróleo (US\$ 1.7 billones) y el banano (US\$ 864.5 millones).

c. Plantaciones

El área de plantaciones forestales alcanza aproximadamente las 143 mil hectáreas (INEFAN, 1995, datos hasta septiembre). Las plantaciones están conformadas por eucalipto (50%), pino (40%) y por otras especies (10%). La especie *eucalyptus globulus* representa el 95% de las plantaciones de eucalipto, y la especie *pinus radiata* comprende un 90% de las plantaciones de pino.

Las plantaciones se encuentran localizadas principalmente en la Sierra (90%), la Costa (8%) y la Amazonía (2%) (INEFAN-ITTO, 1993, INEFAN, 1995). Las plantaciones de la Sierra están conformadas por eucaliptos y pinos. Plantaciones de *ochroma lagopus* (madera de balsa), *cordia alliodora* (laurel), teca y *schizolobium parahybum* (*pachaco*) se encuentran localizadas en la Costa, y las plantaciones de la Amazonía tienen un buen número de especies nativas.

Reducción de los recursos forestales

La reducción de los recursos forestales proviene de la producción (cosecha), deforestación y de la degradación de los bosques.

La deforestación es un proceso multicasual y sin duda es más que un cambio en el aprovechamiento de las tierras o una reducción de la cubierta de copa.

Este proceso proviene, entre otras razones, por la apertura de nuevas vías y carreteras, mayores accesos fluviales, la ampliación de la frontera agrícola, producto de la colonización, la debilidad de las agencias encargadas de la protección y de las políticas económicas y ambientales contradictorias aplicadas en América Latina (Laarman, 1996; López, 1996; Simula, 1997). Algunas investigaciones llevadas a cabo por el World Wide Fund for Nature (WWF) sugieren que el comercio internacional de madera es ahora la primera causa de la degradación forestal y pérdida en aquellos bosques que contienen los más altos niveles de biodiversidad (Dudley *et al.*, 1998).

Respecto a América Latina, determinados autores presentan una larga lista de políticas gubernamentales inconvenientes. Estas involucran el fomento de la inversión de capital privado a través de incentivos fiscales, la promoción de actividades agrícolas por medio de créditos e inversión en infraestructura vial, los subsidios a las exportaciones agrícolas y de madera, el poco control a las concesiones forestales otorgadas, las políticas débiles sobre derechos de propiedad de

la tierra (Barbier *et al.*, 1991; Laarman, 1996). En la Amazonía brasileña, Moran (1993, *et al.* 1994) sostiene que las políticas crediticias y fiscales (“*tax holiday*”) que estimularon la ganadería, más que la tasa de crecimiento de la población, explican la deforestación.

Además, la economía ecuatoriana ha presentado en los últimos años, especialmente en la década de los ochenta, altas tasas de interés, inestabilidad macroeconómica, elevada inflación, un importante crecimiento de la deuda externa, conjuntamente con una alta tasa de crecimiento demográfico⁸. Estos elementos han sido considerados como impulsores de la deforestación (Cropper y Griffiths, 1994; Hyde, 1996).

Con referencia a la degradación forestal (la pérdida de densidad de los bosques), no existen estudios ni datos cronológicos confiables en el Ecuador. La degradación forestal tampoco se incluye en los cálculos de deforestación de la FAO, por lo que resultaría aventurado efectuar una estimación. Esto también repercute en el cómputo del incremento natural del bosque secundario, lo que, a juicio de algunos autores, es un proceso importante en zonas amazónicas brasileñas (Moran *et al.*, 1994, 1996).

Incremento de los recursos forestales

a. Bosques naturales

Los incrementos de los recursos forestales provienen de la regeneración de los bosques secundarios y del incremento natural.

El ya desaparecido estatal INEFAN, con sustento en interpretación de imágenes LANDSAT en 1993, calculó que sólo en la región Litoral habría 630 mil ha de bosque intervenido secundario (bosque muy húmedo, húmedo y seco) y en la Sierra habría 683.1 mil ha de bosque intervenido secundario (húmedo). El estudio del INEFAN (1955) no abarcó la región amazónica (que tiene el mayor inventario de bosques) por falta de valoración de áreas de bosques, bajo la tipología establecida.

Desafortunadamente, esto implica una pérdida de información valiosa. Con la utilización de imágenes satelitales, Moran (*et al.*, 1994) llegó a intere-

8 El crecimiento demográfico y el aumento de la densidad poblacional se asocian como causas esenciales de la deforestación. Hace falta mucha investigación al respecto. Entre 1962 y 1974, la población en la región Amazónica creció al 7.6% anual, en tanto la población nacional aumentó al 3.1%, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). En el lapso comprendido entre 1974 y 1982 y en el período censal 1982-1990 el ritmo de incremento de la población en la región amazónica disminuyó (4.8% y 4.7% anual, respectivamente), aunque fue mayor al nacional (2.62 y 2.19%). También se ha advertido un continuo proceso de incremento en la densidad poblacional de la región amazónica. La provincia de Esmeraldas, con una de las más altas tasas de deforestación, tuvo un crecimiento de la población, inferior en muchos períodos al aumento estadístico nacional.

santes conclusiones sobre los cambios producidos en la cubierta de la Amazonía brasileña entre 1985 y 1991. En la región occidental de Altamira, la cubierta secundaria se incrementó en 32 mil ha en ese período de tiempo, comparada con un área deforestada de 19 mil ha. En la región oriental de Altamira ocurrió algo parecido.

En otro artículo (Moran *et al.*, 1996) indica que la restauración natural del bosque secundario tiene importantes implicaciones para procesos tales como el ciclo del carbón global, el ciclo hidrológico, y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en los trópicos húmedos. Añade que se ha dado escasa atención a los procesos en los cuales las áreas deforestadas se convierten en tierra agrícola productiva y/o cubierta de vegetación secundaria, y no en desiertos; sin desconocer que hay significativas diferencias en la diversidad biológica y en la composición entre bosques primarios y secundarios.

b. Plantaciones forestales

Repetto (1992) y Kellenberg (1995) realizan estimaciones lineales para obtener el incremento medio anual de las plantaciones forestales. De hecho, las curvas de crecimiento o funciones de producción que relacionan la producción de madera con la vida de la plantación son más bien de tipo logístico que lineales (Romero, 1994). Esto significa que, a través del tiempo, el crecimiento es lento cuando la cantidad es pequeña. El crecimiento aumenta exponencialmente cuando la cantidad crece, pero estos incrementos van decreciendo según la cantidad va aumentando.

El cálculo de los incrementos de los recursos forestales se debería hacer con las tablas de producción fiables para las especies que se quiere estudiar, pues el crecimiento depende, entre otros factores, del suelo y la climatología. A partir de esas tablas, se pueden derivar las curvas de crecimiento para cada especie. No obstante, hay una falta de información de campo que permita la determinación precisa de estos índices (INEFAN, ITTO, 1993).

Valoración monetaria

Los cambios netos anuales, o sea la diferencia neta a los largo de un año entre la extensión de la superficie forestal y de otras tierras forestales a causa de la forestación y de la extensión natural y la disminución de superficie debido a su aprovechamiento para otros fines, se multiplican por el valor en pie de la madera (precio neto de los costos). Esta operación expresa la depreciación del capital natural forestal por año.

Se construye una serie del tiempo del área de bosques naturales a base de la evaluación de los recursos forestales y la estimación anual de deforestación de la FAO (1970, 1980 y 1990). Se interpola entre los años de los inventarios y se extrapola, con los supuestos de 1990, para el período 1991-1995. Los stocks fueron convertidos a m^3 utilizando el volumen actualmente comercializado, reportado por la FAO, a fin de guardar coherencia con las fuentes utilizadas, a sabiendas de que es una estimación muy conservadora. Dada la falta de datos ciertos, se asume que el crecimiento natural y la degradación ya están incluidos, puesto que se está utilizando el valor de los stocks. Este es un supuesto importante, pues los incrementos naturales o las degradaciones no se manifiestan tanto en el aumento o reducción de la superficie cubierta de vegetación, sino más bien en el paulatino incremento o decremento del volumen de biomasa (por cierto, con repercusiones en la composición de las especies y en la calidad de los suelos).

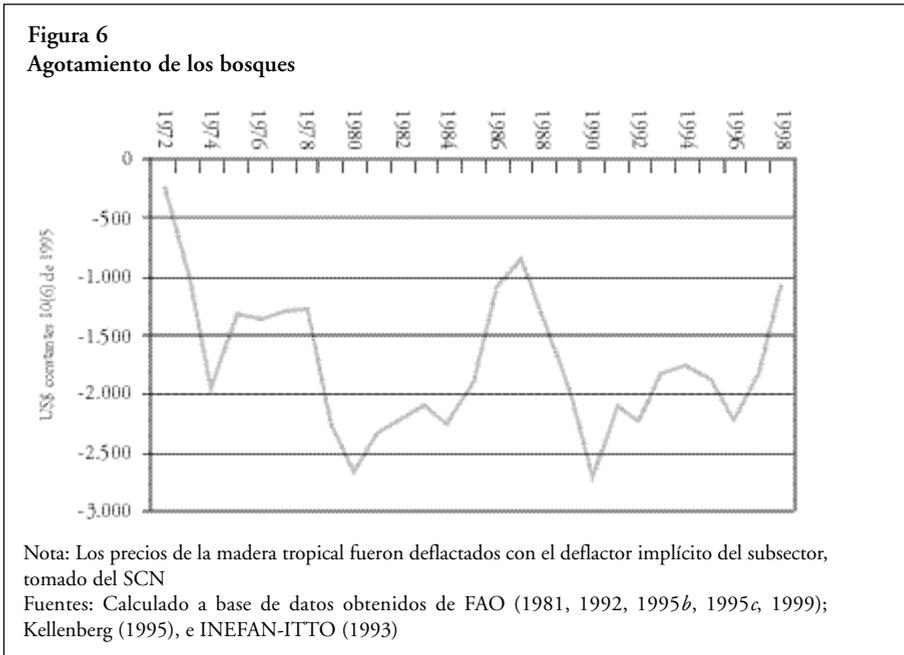
Con referencia a las plantaciones forestales, se cuenta con una serie del tiempo construida por el INEFAN. Los stocks fueron convertidos a m^3 empleando el volumen comercial ponderado construido con las cifras del estudio de INEFAN-ITTO (1993). De esta manera no se incurre en incongruencias con las fuentes utilizadas. Para obtener el stock volumétrico de las plantaciones en el período t , se multiplica el volumen comercial ponderado de las plantaciones por el área en $t-1$, puesto que las especies plantadas en t no incrementan el volumen en t .

El valor en pie de la madera (*stumpage value*) de los recursos forestales se calcula por la diferencia entre precios de exportación de la madera (trozas tropicales) y la suma de los costos de producción (extracción, transporte y procesamiento).

Dado que los precios de exportación de las trozas tropicales en el Ecuador y América Latina no están disponibles en una serie cronológica, los precios promedio de exportación (f.o.b.) de las trozas tropicales en Asia fueron utilizados para reflejar los costos de oportunidad (FAO 1992, 1995c). Los precios ponderados asiáticos, de exportación de las trozas tropicales, son menores a los de iguales características africanos, lo que arroja un estimado conservador del costo de oportunidad. Los precios están en términos reales (US\$ 1992), para lo cual se utiliza el deflactor del PIB de los Estados Unidos (Banco Mundial, 1998).

Respecto a los costos, Kellenberg (1995) hizo estimaciones para las siguientes áreas productoras de madera: San Lorenzo, Borbón, Esmeraldas, Quinindé, Sucumbíos, Santo Domingo de los Colorados, Los Bancos, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Se calcularon los costos de extracción, transporte y carga. Se imputó un 20% a los costos para calcular un promedio f.o.b., y así poder relacionarlos con los precios f.o.b. Los costos fueron ponderados con la producción de cada una de las zonas anteriormente descritas, con lo que se obtuvo el costo de producción total. Los costos de producción se asumen constantes entre 1972 y 1995 (US\$ 1992).

De esta manera, la depreciación de los recursos forestales de los bosques naturales es igual a la modificación anual del volumen, multiplicada por el valor en pie de la madera (la diferencia entre los precios promedio de exportación de la madera f.o.b. de Asia y los costos de producción f.o.b.). La apreciación de los recursos forestales de las plantaciones es igual al cambio anual del volumen multiplicado por una renta (precio neto de costos) estimada constante entre 1972 y 1995, la que se obtuvo del estudio de INEFAN-ITTO (1993: 50).



En los cálculos realizados hasta el momento, no existe una estimación económica de la pérdida de servicios y funciones ecológicas y económicas provocados por la destrucción del hábitat del manglar. El valor total de los servicios del ecosistema del manglar anualmente ha sido estimado en cerca de US\$ 10,000 por hectárea (Costanza *et al.*, 1998) y otros estudios (ej. ISA Net- La Red de Acción del Camarón Industrial citada por Martínez-Alier, 2000) han valorado los diversos bienes y servicios proporcionados por tales ecosistemas a la economía en US\$ 13,000 ha⁻¹ por año. Por otro lado, las camaronerías generan alrededor de US\$4,000 ha⁻¹ (en 1995, las exportaciones de camarón fueron de US\$673,4 millones de acuerdo al Banco Central del Ecuador, y el área de extensión de las camaronerías fue de 178,1 mil hectáreas de acuerdo al INEFAN, 1995). Se puede discutir la manera en que estos cálculos han sido realizados, pero es claro que los ecosistemas de los manglares proporcionan varios servicios y funciones ecológicas-económicas.

Los distintos componentes bióticos de los manglares interactúan entre sí, a través de la cadena de comida; mientras que la interacción entre los elementos de comida sucede por medio de procesos bioquímicos, flujos de nutrientes, material orgánico y detritus vegetales. Los manglares controlan la erosión costanera al convertir al fango en tierra fértil, al proporcionar comida y albergue para mamíferos y pájaros, así como al proporcionar un hábitat ideal para las crías, los nidales y para proporcionar sustento a una gran diversidad de animales y organismos acuáticos (Mera, 1998).

El multiplicar el área deforestada de manglares por el valor total por hectárea, calculado sobre una base anual, podría proporcionar una aproximación cercana del agotamiento total de los manglares en términos monetarios. De la misma manera, la deforestación de los manglares implica una pérdida de futuras ganancias. Por ejemplo, el *valor presente neto* (VPN) de US\$ 10,000 por hectárea (una estimación del valor total de los servicios de los ecosistemas de los manglares por año y por ha) durante un período de 70 años, esto es el promedio de vida de los árboles de los manglares en Esmeraldas (V. Mera, comunicación personal, 2000), utilizando diferentes tasas de descuento, sería:

VPN	Tasas de descuento			
	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%
US\$	328,979	193,427	132,489	99,873

En síntesis, mientras los manglares han sido extenuados, el *producto interno bruto* ha crecido debido a las exportaciones de camarón.

El método del costo de uso

El *método del costo de uso*, propuesto por el economista egipcio Salah El Serafy, funcionario del Banco Mundial, parte de la noción básica de que el capital económico y el “capital natural” son sustitutos, por lo que está inmerso en los indicadores de sostenibilidad débil.

El Serafy (1989, 1991) sostiene que el ingreso no está apropiadamente calculado en las economías basadas en recursos naturales. A su juicio, los depósitos minerales y otros recursos naturales que pasan por el mercado son activos. La venta de activos no genera valor añadido y no debería ser incluida en el PIB. Las ventas generan fondos líquidos, que pueden ser puestos en usos financieros alternativos. Un país puede escoger gastar las ganancias (netas de los costos de extracción) en consumo o en inversión o en alguna combinación de ambas. El

punto central es que para la contabilidad, un contenido de ingreso sobre las ganancias netas debe ser estimado. Este contenido de ingreso debería ser parte del PIB si representa valor añadido.

El autor propone la necesidad de convertir los activos minerales en un flujo perpetuo de ingreso. Las series finitas de las ganancias de la venta del recurso tienen que ser convertidas en series infinitas de ingreso verdadero, de tal forma que los valores capitalizados de las dos series sean iguales. De las ganancias anuales por las ventas de los recursos naturales, una porción de ingreso que puede ser gastada en consumo debería ser identificada; el resto, un elemento de capital, debería ser dejado de lado año tras año. Este elemento de capital debería ser invertido para crear un flujo continuo de ingresos, que serían capitalizados durante la vida del recurso para mantener ese flujo de ingresos, cuando se agote el recurso. Entonces, se necesita definir la porción de ingreso verdadero y la parte de capital.

Bajo ciertos supuestos, la relación entre el ingreso verdadero respecto al total de las ganancias se puede simplificar como:

$$X/R = 1 - \left[\frac{1}{(1+r)^{n+1}} \right]$$

X: *ingreso verdadero*.

R: *ingreso total recibido* (neto de los costos de extracción).

X/R: *relación entre el ingreso verdadero y el ingreso total recibido*.

R - X sería el costo de uso o el factor de agotamiento de capital, que debería ser dejado de lado como una inversión de capital y sería totalmente excluido del PIB. Desde el lado del gasto, este factor de agotamiento representaría una desinversión, el cual sería considerado para la formación de capital en nuevos activos, de tal forma que el gasto total sería igual al ingreso verdadero.

La relación entre X/R depende de dos factores:

r: *tasa de descuento*.

n: *la relación entre las reservas y la extracción del recurso* o la expectativa de vida del recurso medida en años.

Antes de proceder, conviene analizar la fórmula matemática de El Serafy. Las series de tiempo de los ingresos netos esperados R de las ventas de un recurso que,

como resultado de la explotación, se terminarán en un año futuro n , tienen un elemento de ingreso real X donde $X < R$, entonces si $R - X$ (capital) se invierte año tras año con una tasa de interés r , la inversión acumulada llegará al mismo nivel que el ingreso X .

Es necesario identificar X/R , la proporción del ingreso neto que puede denominarse verdadero ingreso neto y su complemento $1 - X/R$, el elemento del capital, también como una proporción del ingreso neto. El valor capitalizado a una tasa de interés r de una serie finita de ingreso R debe ser igual al valor capitalizado a la misma tasa de interés de las series infinitas X . El valor de las series finitas capitalizadas R , acumuladas en cantidades iguales en un período de n años lleva a:

$$S R^* = R \frac{[1 - 1/(1 + r)^{n+1}]}{1 - 1/(1 + r)}$$

Las series infinitas X conducen a:

$$X^* = \frac{X}{1 - 1/(1 + r)}$$

Estableciendo $R^* = X^*$ y multiplicando por el denominador en las dos cantidades:

$$X = R[1 - 1/(1 + r)^{n+1}]$$

Finalmente:

$$1 - X/R = [1/(1 + r)^{n+1}]$$

Se asume que los precios relativos de los recursos permanecen constantes, y que los precios relativos de los bienes y servicios en el ingreso son gastados.

Por ejemplo, en el año 2000 la relación entre reservas probadas y extracción de petróleo en Ecuador fue de 31 años. Al emplear el método de El Serafy, del total de las ganancias obtenidas por la venta del recurso no renovable, el 79% sería ingreso verdadero y el 21% sería el costo de uso, que debería ser excluido de las cuentas macroeconómicas, concretamente del PIB, si se asume una tasa de descuento del 5%. En la tabla 2 se puede apreciar este cálculo para algunos países latinoamericanos exportadores de petróleo, considerando variaciones en la tasa de descuento.

Tabla 2
Aplicación del método de El Serafy para ciertos países exportadores de petróleo
(en 2000)

Países	Relación Reservas/ Extracción (años)	Ingreso "Verdadero" X/R			Costo de USo 1-(X/R)		
		Tasa de descuento			Tasa de descuento		
		2.5%	5%	10%	2.5%	5%	10%
Colombia	7.9	19.7%	35.2%	57.2%	80.3%	64.8%	42.8%
Ecuador	31.2	54.8%	79.2%	95.4%	45.2%	20.8%	4.6%
México	42.5	65.8%	88.0%	98.4%	34.2%	12.0%	1.6%
Venezuela	70.3	82.8%	96.9%	99.9%	17.2%	3.1%	0.1%

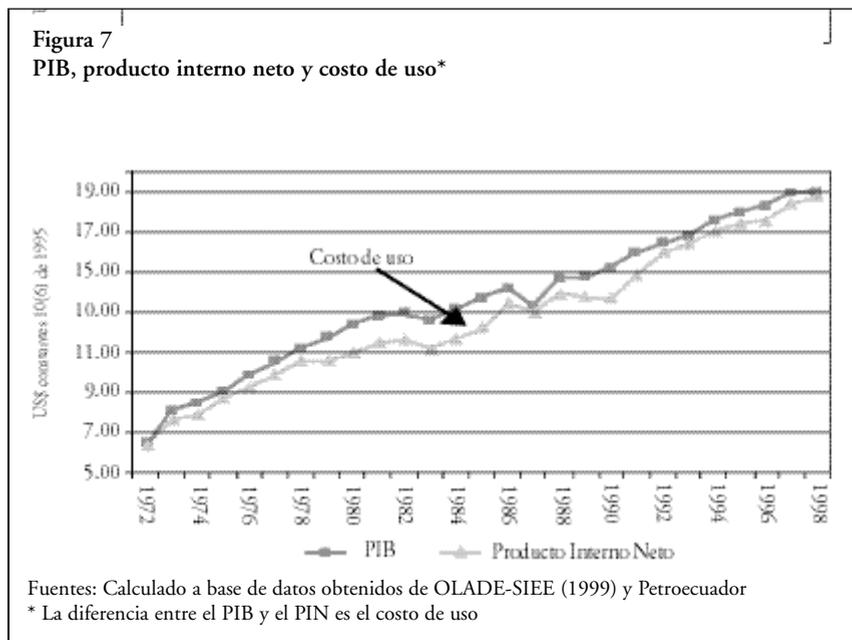
Fuente: Olade- SIEE (2002)

El *método del costo de uso* es útil para estimar los ingresos generados del agotamiento de los recursos no renovables (El Serafy, 1989). Dada la alta participación del petróleo, en las cuentas macroeconómicas, en la balanza comercial y en las cuentas fiscales, sería apropiado aplicar el *método del costo de uso* en el caso ecuatoriano.

Al utilizar el método de El Serafy (con el supuesto fuerte de $r = 5\%$, lo que no tiene ninguna justificación teórica), se obtiene el costo de uso total anual. El costo de uso, en el período comprendido entre 1976 y 1986, y luego en los años 1988, 1990 y 1991, se incrementó en términos reales, dada la caída en la relación entre las reservas y extracción de petróleo. La suma del costo de uso relacionado con la extracción de petróleo en el período 1972- 1997 llegó a 26.3×10^{12} sucres de 1992, lo que superó al PIB ecuatoriano registrado en 1997 (22.3×10^{12} sucres de 1992).

Examinado de esta manera, el país no cumplió en ningún año con los requisitos para alcanzar una sostenibilidad débil, pues no reinvertió la riqueza generada por la exportación del petróleo en actividades productivas (capital de inversión), conclusión a la que ya había llegado Carvajal (1995).

Luego de obtener el costo de uso total evaluado en unidades monetarias constantes (sucres de 1992), se procede a substraer del PIB, con el objeto de obtener el PIN verde o PIB ajustado ambientalmente (gráfico 7).



La omisión de las externalidades negativas

Objeciones al método de El Serafy

El modelo de El Serafy ha recibido algunas objeciones. En efecto, Daly y Cobb (1989) han cuestionado tres situaciones: los problemas conceptuales derivados del cálculo de n (años de agotamiento del recurso), el supuesto de que el precio de los recursos no renovables con relación al nivel general de precios permanecerá constante en el futuro, y la falta de claridad para estimar el valor de R .

Con referencia a n , Daly y Cobb (1989: 438) indican que la disponibilidad del recurso no solo es una función de la misma, sino también de la intensidad del esfuerzo (trabajo, capital y energía) utilizado para extraerlo. En la ecuación de El Serafy, n depende de una variable exógena: los costos de extracción, por lo que la ecuación estaría indeterminada. El segundo cuestionamiento (precios de los recursos constantes) les lleva a afirmar que el monto dejado de lado para mantener la corriente de ingreso permanente en el modelo debería ser una porción de los precios futuros de los minerales extraídos, y no de los precios actuales, pues de lo contrario el flujo de ingresos generaría menos en el futuro que en el presente, con lo que se violaría el principio de crear ingresos reales iguales en cada período de tiempo. La última impugnación más bien se relaciona con la forma de estimar el valor de R , al menos en los Estados Unidos.

Este autor ha identificado algunas restricciones complementarias. La primera es la ausencia de una propuesta para el uso de los recursos (elemento de capital), que deben ser invertidos para crear un flujo continuo de ingresos, tanto durante la vida productiva del petróleo como cuando se agote. La segunda limitación es la definición de la tasa de descuento. La tercera restricción es la forma en que se determinan los costos de extracción “reales” del petróleo.

El Serafy (1989) no es explícito respecto al empleo futuro de la corriente permanente de ingresos, la cual se origina de identificar el costo de uso y excluirla del PIB. La noción subyacente es que estos ingresos deben ser utilizados como reemplazo del K_N que se está desgastando. No obstante, esto significa una restricción puesto que podrían realizarse inversiones insostenibles o no genuinas, lo que crearía cuellos de botella adicionales para un posible desarrollo sostenible.

De la misma manera, la tasa de descuento es fundamental para la aplicación del método del costo de uso⁹. Una de las limitaciones más fuertes de este enfoque es que no existe ninguna justificación para utilizar una determinada tasa (en este caso, una r positiva del 5%). Inclusive El Serafy indica que:

“La decisión de la tasa de descuento tiene que ser arbitraria, pero la arbitrariedad de la tasa de descuento no es, en principio, diferente de los métodos de estimación arbitrarios utilizados ampliamente bajo el SCN” (El Serafy, 1989: 14).

El autor justifica una tasa de descuento del 5% como una aproximación a lo que los economistas clásicos usualmente denominaron una tasa natural de las preferencias temporales. “Esto podría ser cambiado periódicamente, digamos cada 5 años, guiados por cambios en las tasas de mercado a largo plazo” (El Serafy, 1989: 4).

La economía convencional asume que los costos y beneficios futuros tendrán una menor importancia en el futuro. La tasa de descuento positiva conlleva una discriminación para las siguientes generaciones, pues infravalora las ganancias o perjuicios futuros. Igualmente, afecta el ritmo al cual se disponen los recursos naturales (cuanto mayor sea el descuento mayor será la velocidad a que posiblemente se degraden).

Respecto a los costos “reales” de la explotación petrolera, vale indicar que para la aplicación del *método del costo de uso*, se requiere obtener las ganancias tota-

9 En general, la tasa de descuento e interés son fundamentales en la economía del medio ambiente. Por ejemplo, en el caso de los recursos renovables, la economía convencional indica que si la tasa de interés es mayor al crecimiento relativo de la producción de madera y de los precios (neto de los costos de extracción), conviene al propietario o propietaria cortar, pues obtiene el valor de la madera, más los intereses financieros que haya obtenido del valor de la venta de la madera, si es que coloca el dinero en un banco (Romero, 1994). Sin duda, con ello se infravalora al futuro y a las siguientes generaciones.

les (netas de los costos de extracción). No obstante, los precios del petróleo no incorporan los costos sociales negativos representados por el deterioro del medio ambiente, de la vida y de la salud humana. Esto quiere decir que los precios de exportación del petróleo están subvaluados.

Valoración de las externalidades¹⁰

La teoría económica convencional identifica los costos provocados por la explotación petrolera como “externalidades” negativas, aunque para otros autores es más adecuado denominarles costos sociales negativos no pagados¹¹, representados en términos físicos por el deterioro del medio ambiente, de la vida y de la salud humana, así como los gastos reales medidos en términos de trabajo requerido para prevenir o remediar los daños causados por los derrames o la contaminación petrolera.

A pesar de algunas evaluaciones relativas a los daños ambientales debido a la explotación petrolera (por ejemplo Koons, 1995), la compensación directa a los afectados (o la “internalización de las externalidades”) o las actividades de limpieza efectuadas por la industria petrolera han sido ínfimas o nulas. Y es que el valor atribuible a las externalidades, tanto teórica como empíricamente, es un producto de las instituciones sociales, de los derechos de propiedad, de las relaciones de poder y de los conflictos distributivos (Martínez Alier y O’Connor, 1996).

En septiembre de 1995, un informe independiente realizado en torno a los campos petroleros operados por la empresa estatal Petroecuador y antes por la Texaco en la Amazonía, constató que el bosque tropical estuvo continuamente afectado por las operaciones petroleras¹². El estudio reveló que algunos de los costos de “limpieza” ascendieron a US\$ 630 millones. De ese total, se requería US\$ 600 millones solo para la reinyección de aguas de formación, uno de los elementos más contaminantes en la explotación petrolera, US\$ 15 millones para el ma-

10 Para esta parte, he tomado muchos datos del trabajo de Falconí y Garzón (1999) titulado: “Los Daños Ambientales de la Explotación Petrolera. ¿Se compensan los Beneficios con los Costos?”

11 Esta idea no es nueva, algunos autores como Karl W. Kapp ya la desarrollaron anteriormente. Ver Federico Aguilera Klink (Ed.). 1995. *Economía de los recursos naturales: Un enfoque institucional*. Madrid. Fundación Argentaria. Visor Distribuciones.

12 Ver informe de evaluación ambiental presentado por el Dr. Charles B. Koons el 31 de octubre de 1995. El Dr. Koons, un reconocido especialista mundial en esta actividad, participó, por invitación del Congreso Nacional del Ecuador, en un equipo de trabajo que tuvo como objetivo evaluar las condiciones ambientales de la explotación petrolera en la región amazónica y recomendar actividades para mejorar el medio ambiente. El grupo de trabajo inspeccionó los campos de Shushufindi, Aguarico, Sacha y Yuca. Esta área de trabajo actualmente operada por la estatal petrolera, Petroecuador, fue creada, operada y controlada por Texaco desde el año 1970 hasta junio de 1992.

nejo ambiental de los pozos, y US\$ 15 millones para la limpieza de petróleo utilizado en la construcción de caminos, derrames y quema del gas.

Vale hacer hincapié en que se trata tan sólo de una estimación de algunos costos de “limpieza”, por lo que no incluyen otras externalidades negativas globales, como la emisión de dióxido de carbono (CO₂) debido a la quema de gas. Tampoco abarcan la pérdida de biodiversidad, o la privación de los servicios y funciones que presta el bosque tropical por la deforestación directa o indirecta provocada por la explotación petrolera, como son: la regulación del clima, el control de la erosión, el tratamiento de agua, la producción de alimentos, etc.; ni incluye los daños incurridos a los residentes o los efectos en la salud.

La demanda planteada en los Estados Unidos a la empresa Texaco (noviembre de 1993) por sus operaciones entre 1964 y el 30 de junio de 1990, ilustra esta estrategia. Texaco extrajo 1.377'580.906 barriles conforme a la auditoria de la compañía HBT-AGRA contratada por Texaco y el gobierno ecuatoriano. La operación de Texaco afectó a la población indígena Quichua, Cofán, Secoya, Siona, Huaorani, al grupo no contactado de los Tagaeri y probablemente de los Taomene (los dos últimos son familia del pueblo Huaorani) y directa o indirectamente provocó la extinción definitiva de los últimos Tetetes. En síntesis, afectó a aproximadamente 60.000 indígenas. Hasta el momento, Texaco ha compensado exitosamente los daños ocasionados.

Pero, además, la valoración puede resultar difícil y en algunos casos imposible debido a la (in)determinación monetaria de los costos de la explotación petrolera. Si la valoración monetaria de los bienes y servicios ambientales es muy dudosa y cuestionable, lo es más la valoración monetaria de una cultura o de un modo de vida. A falta de un precio de mercado para muchos bienes ambientales (aunque la teoría económica convencional utiliza valoración de contingencias o mercados artificiales para eludir este “inconveniente”) y debido a la existencia de externalidades irreversibles (extinción de especies) e inciertas, resulta compleja la comensurabilidad de valores.

Una gran parte de las externalidades negativas de la explotación petrolera son inciertas dado que no se conocen los efectos futuros. Por ejemplo, en un derrame petrolero intervienen la dimensión del evento (área de contaminación, m² de tierra) y la intensidad (barriles/m² de tierra, kg/m³ de aire). Si muchos de los costos ocurrirán a futuro, entonces: ¿qué tipo de función de costos externos hay que establecer? Así, la propia teoría económica convencional reconoce que se podría tratar de “externalidades acumulativas”, en las cuales es difícil estimar el perjuicio incremental¹³.

13 La literatura económica y ambiental presenta algunos casos. Al relacionar los costos con la acumulación de hidrocarburos (stock), la función de daños ambientales podría presentar una curva en forma de gradas ascendentes.

La valoración monetaria de los daños petroleros también resulta difícil de aplicar cuando los daños no son reversibles, tal como ocurrió con la pérdida de biodiversidad por causa del derrame producido el 26 de julio de 1992. En esta fecha, se produjo una fuga de 1.200 barriles de petróleo crudo en la estación Sacha Norte 1, situada en el cantón La Joya de los Sachas, provincia del Napo, debido al mal funcionamiento de una válvula (CONAIE, 1992). El derrame, al no ser detectado a tiempo, produjo el sobrellenado de la piscina de decantación y su posterior desborde, y contaminó los ríos Quinchiyacu y Napo, el primero afluente del segundo. Las pérdidas fueron enormes: la vida acuática del río Quinchiyacu desapareció totalmente; la contaminación del agua, de las playas, quebradas y taludes provocó alteraciones en la biodiversidad de la zona, en los cultivos, flora y fauna; impactos en las actividades productivas, en las vías y caminos vecinales; las comunidades no dispusieron de agua para los animales; se detectaron graves daños a la salud humana como enfermedades a la piel, y afecciones pulmonares.

Igualmente, si las externalidades negativas de un derrame petrolero se pueden presentar en el futuro, aparece otra interrogante: ¿con qué tasa de descuento se van a actualizar los efectos y cuál va a ser el horizonte temporal para su actualización? Como se indicó antes, el hecho de que las generaciones venideras no estén presentes en el mercado es un impedimento inquebrantable.

A partir de 1972, cuando comenzó la explotación petrolera comercial a gran escala, también se desencadenaron en igual dimensión una serie de externalidades negativas locales y globales: la disminución de la biodiversidad y cobertura forestal y la consiguiente alteración del equilibrio ecológico, la contaminación del agua y del aire por la quema indiscriminada de gas en los pozos y otros efectos perjudiciales en la salud y en la vida humana¹⁴. Los daños se han pro-

14 Existe un vacío de información sobre los efectos a la salud producidos por la actividad petrolera. Los directores de los principales centros hospitalarios públicos en Lago Agrio como el Hospital "Marco Vinicio Iza" y el Subcentro de Salud del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, así como el dispensario médico de Petroecuador no han realizado estudios en este campo, ni tienen estadísticas de las personas que han sufrido daños por impactos de la actividad petrolera (comunicación personal de los directores de estos centros a Paulina Garzón, 1998).

En el trabajo de UPPSAE (1993), se demuestra que en las zonas donde hay mayor contaminación por petróleo, el índice de abortos en las mujeres y en los animales es mucho más alto.

Jochnick (1994) encontró que ocho individuos de la comunidad de Pimampiro en el río Quinchiyacu cerca de Sacha y una familia en las orillas del río Napo cerca de Coca, sufrían de erupciones en la piel, dermatitis, lesiones crónicas papulesculares y cicatrices hipopigmentadas. Otra familia residente en la Comuna de Rumipamba, en donde se encontró muestras con una concentración de HPA de 49,931 ng/L de una fosa de desechos, reportó la muerte de varios animales después de que ellos bebieron de la piscina contaminada. Dos hermanas de otra familia sufrieron infecciones puritrías crónicas con pequeñas vesículas, un tipo de dermatitis corriente asociada con el petróleo crudo. La niña, entonces de 8 meses de edad, hija de la una de las hermanas, sufrió de dermatitis, puesto que la fuente de agua para bañarse de esta familia tenía una concentración de HPA de 40,62 ng/L. La exposición fue seguramente debido al petróleo que está en los caminos, ya que los residentes generalmente caminan descalzos.

ducido en todas las fases de la explotación petrolera: sísmica, exploración, extracción, transporte, refinación, y consumo.

- Sísmica

Durante la fase sísmica, Texaco abrió 30.000 kilómetros de líneas sísmicas de un ancho aproximado de 3 metros, más los helipuertos que en la época de Texaco superaban una superficie de una hectárea cada uno. A base de cálculos conservadores se podría estimar que se construyó uno por kilómetro. Esto significaría que se deforestaron, al menos 30.900 hectáreas únicamente por la exploración sísmica.

Gran parte de estas líneas sísmicas estuvieron dentro de los territorios tradicionales de vida de los pueblos indígenas y de población campesina, quienes dependían de este medio para su subsistencia. Se talaron árboles y plantas de uso de las comunidades, se hicieron detonaciones con dinamita en fuentes de agua, de donde también la gente se proveía de pescado.

Texaco alimentó a sus trabajadores con el producto de la caza en las áreas de trabajo. Durante los diez años en los que se realizaron actividades sísmicas, cada persona consumió 0.8 kg de carne diariamente (Rossanía, 1994), otro subsidio para la empresa.

Además Texaco utilizó en forma negligente los explosivos, los mismos que quedaron esparcidos en el área. Estos todavía representan un riesgo para la población, que ha solicitado a la Texaco la contratación de un equipo de especialistas para descubrir y desactivar cada uno de estos aparatos.

- Perforación y exploración

Antes de la perforación, la Texaco despejó entre dos y cinco has. para la plataforma de cada pozo. Por la necesidad de colocar troncos debajo de cada plataforma, alrededor de 15 has. aledañas al bosque tropical fueron afectadas (Kimerling, 1993).

Para llegar hasta las estructuras petroleras es necesario perforar un promedio de 3.000 mts. de profundidad, para lo que se usan los lodos de perforación que permiten evitar derrumbamientos dentro del pozo y a la vez actúan como lubricante. Estos lodos contienen, entre otros componentes, aditivos altamente tóxicos. Por cada pozo perforado en la Amazonía, un promedio de 4.165 metros cúbicos de lodos y desechos recubiertos de lodos de perforación fueron arrojados en piscinas abiertas (Kimerling, 1993). Texaco abrió 339 pozos petroleros y más de 600 piscinas para almacenamiento de desechos que se descartaron rutinariamente al medio ambiente sin ningún tratamiento.

Jochnick (1994) realizó un estudio en las zonas cercanas a la infraestructura de la Texaco para analizar muestras de agua en busca de hidrocarburos policíclicos.

clicos aromáticos (HPAs), que fueron los hidrocarburos más tóxicos por sus propiedades cancerígenas¹⁵. Este estudio constató concentraciones críticas en el agua de producción que salió con el petróleo crudo. Por ejemplo, en la muestra de la Estación Sacha Central, las fuentes de agua de producción presentaron una concentración de 405.634 ng/L. En el agua de consumo humano en el área de la Central de Sacha, se encontró una concentración de 2.798.93 ng/L. En el agua de uso higiénico y de lugares de pesca, a través de una muestra obtenida del riachuelo de la Estación Shushufindi, se encontró 1.486.53 ng/L. De acuerdo al informe, en relación al agua de consumo humano, la población enfrentó un riesgo de desarrollar cáncer en un rango comprendido entre 1/100.000 a 1/1000.

- Quema del gas

La quema de gas natural, una práctica muy habitual en la Amazonía y que es reconocida por las principales autoridades energéticas, tiene un costo muy alto debido a la pérdida económica de un producto que se desperdicia y a la contaminación que se genera.

En el período 1990-1998, las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono), calculadas mediante la multiplicación del volumen no aprovechado de gas natural por el factor adecuado reportado en las estadísticas oficiales, tuvieron un costo mínimo de US\$0.08 centavos por cada barril de petróleo extraído. Este costo mínimo no considera la pérdida del gas como producto, sino únicamente la contaminación que provoca.

El gas que sale mezclado con el petróleo crudo y el agua de producción, ha sido quemado en mecheros, que están ubicados casi al ras de las piscinas. El país cuenta con una sola planta de gas en la región amazónica, la de Shushufindi que opera Petroindustrial desde 1981, con una capacidad operativa de aproximadamente 0.7 millones de metros cúbicos (m³) por día, conforme a datos de la (OLADE-SIEE, 1999).

Del total de gas natural extraído entre 1970 y 1997, se utilizó apenas el 24%, según reporta la OLADE-SIEE (1999). En el mismo período, el total de volumen no aprovechado (14.688 x 10⁶ m³) equivaldría aproximadamente a 36 millones de toneladas de CO₂ acumuladas. Las emisiones de CO₂ se obtienen multiplicando el gas no aprovechado por el factor de conversión adecuado. El CO₂ es uno de los principales gases generadores del efecto invernadero.

15 Estos compuestos representan quizás el impacto ambiental más crítico en el proceso de explotación petrolera.

Debido al alto riesgo cancerígeno, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos recomienda un nivel de concentración de HPAs cero en el agua ambiental, y estima que la exposición a HPAs de 2,8 nanogramos por litro (ng/L) de concentración corresponde a un riesgo de cáncer en una vida de 1/1.000.000.

La quema del gas contamina la atmósfera con CO₂, óxidos de nitrógeno, azufre y carbono, metales pesados, hidrocarburos y hollín. Muchas de esas emisiones son de naturaleza tóxica y son cancerígenas para los humanos, pues contienen hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH), conforme a lo que sostiene el informe del Dr. Koons.

Resulta complicado calcular un costo unitario para cada tonelada de CO₂ (tCO₂) emitido, debido a la quema del gas natural, más aún cuando no existe un mercado implícito para estas emisiones. Por el momento, cualquier valoración tiene un amplio margen de variación.

Fruto de la discusión mundial acerca del efecto invernadero, se ha intentado valorar crematísticamente el costo unitario de una tCO₂. Hay muchas metodologías empleadas. Según un estudio muy citado de Nordhaus (1991), el valor del daño estimado por la liberación de una tonelada de carbono (tC) (no dióxido de carbono, pues 1 tC equivale a 3.6 tCO₂) varía entre: US\$ 1.80 (bajo), US\$ 7.3 (medio) y US\$ 66 (alto). En este inicial estudio, el autor examina los costos y beneficios ambientales del efecto invernadero en términos de la función del daño y la función de los costos de mitigación. El nivel eficiente de reducción de los GHG corresponde al daño medio estimado (US\$ 7.3/tC).

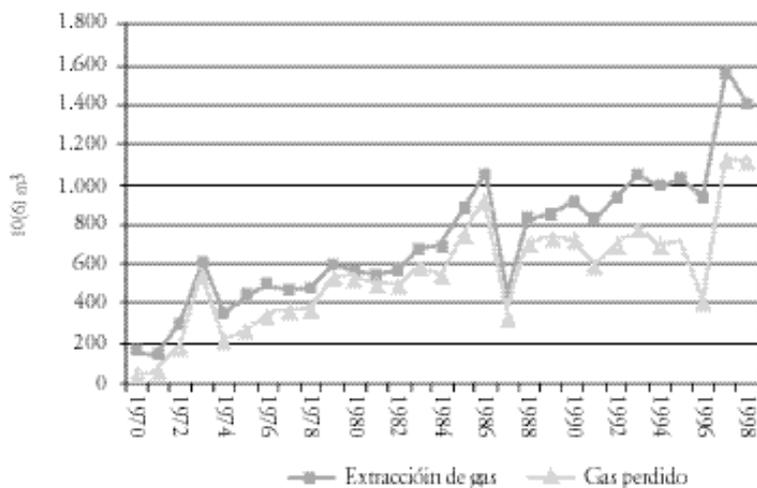
La forma de cálculo de Nordhaus ha sido severamente cuestionada por varios autores. El supuesto principal de su modelo es que la economía está en un “estado de equilibrio de recursos”, lo que significa que todos los flujos físicos en la economía global son constantes a pesar de que el valor real de la actividad económica aumente. Esto implica un nivel constante de emisiones de CO₂ en el tiempo, lo que es inexacto (Fankhauser, 1995).

Esto provocó una revisión y corrección de los cálculos por parte del propio Nordhaus (1993), y la presentación del modelo DICE (Dynamic Integrated Climate Economy), cuyo propósito es estimar una trayectoria óptima de emisiones de los GHG. Los valores que arrojó el modelo son similares a los cómputos de 1991, pues se reportaron valores iniciales de US\$ 5.3/tC.

Otros autores también han objetado los resultados obtenidos por las simulaciones del modelo DICE de Nordhaus. Algunas impugnaciones guardan relación con la tasa de descuento constante utilizada (3%) y el horizonte temporal del descuento. Al emplear una tasa de descuento decreciente en el tiempo y al utilizar un horizonte temporal en un rango entre 300 a 1000 años, dos investigadores (Azar y Sterner, 1996) estimaron un costo marginal de las emisiones de CO₂ en un rango entre 260 y 290 US\$/tC.

Algunos valores adicionales que podrían ser un aproximado a los costos por tC provienen de los impuestos en algunos países europeos: US\$ 6.1/t en Finlandia y US\$ 45/t en Holanda y Suiza. Un estudio comisionado por el gobierno de los Estados Unidos (Interagency Analytical Team, publicado en 1997) indica que el precio de la tC sería de US\$ 100 o US\$ 27.3 por tonelada de CO₂.

Figura 8
Extracción y pérdida de gas natural



Fuente: OLADE-SIEE (1999)

Recientes estimaciones en proyectos de “implementación conjunta”, ahora designados como “mecanismos para un desarrollo limpio” (“*Clean Development Mechanism*”, CDM), colocan en US\$ 6.34 el costo por absorber una tC en proyectos de reforestación llevados a cabo en Costa Rica, aunque no se puede dejar de lado que el precio de por tC absorbida puede tender a la baja por las condiciones de mercado internacional (muchos potenciales oferentes).

De esta manera, el costo por tCO₂ sería como mínimo US\$ 1.73. Si se multiplica por las emisiones de dióxido de carbono estimadas entre 1970 y 1997 (36 millones de tCO₂), se obtiene una estimación muy conservadora de los costos provocados por la quema del gas: US\$ 62 millones (sin actualizar). Estos costos equivaldrían a 3 centavos de dólar por cada barril de petróleo extraído del subsuelo en el mismo período (la extracción petrolera fue de 2.457 millones de barriles entre 1970 y 1997, tal como se desprende de los datos de la OLADE-SIEE).

Claro que se podría argumentar que la capacidad de absorción de CO₂ del bosque tropical ecuatoriano es superior a las emisiones debido a la quema del gas, pero esto solo disfrazaría el problema.

- Transporte y refinación

La industria petrolera en la Amazonía construyó más de 500 kilómetros de carreteras según las estimaciones de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (más del 80% fue obra de Texaco). Se calcula que los co-

lonos cortan entre 2 a 12 kilómetros de bosque a lo largo de ambos lados de los caminos (Kimerling, 1993). Entonces, por cada kilómetro de carretera construido, se ha provocado la tala de entre 400 y 2.400 hectáreas de bosque. Como resultado, por la construcción de los 500 kilómetros de carreteras por parte de la industria petrolera, se habrían cortado entre 200.000 y 1'200.000 hectáreas.

Las actividades de refinación petrolera también han sido altamente negativas. La refinería Esmeraldas, con una capacidad de refinación de 110.000 barriles por día (la capacidad de refinación total del país asciende a 176.000 barriles por día), se halla ubicada a 6 kilómetros de la ciudad de Esmeraldas, en donde habitan aproximadamente 100.000 personas, según los datos del censo de población de 1990.

- Derrames petroleros

Los derrames petroleros se originan por la corrosión interna y externa de la tubería (líneas de transferencia, secundarias y principales) producto de la deficiente protección, fallas tecnológicas, operativas y humanas, accidentes y presuntos sabotajes, inestabilidad de las estaciones de bombeo, desbordamiento de las piscinas en mal estado, taludes inestables, pésimos drenajes que incluso se dirigen hacia la vegetación, cabezales con fugas, plataformas y tanques deteriorados (Petroecuador, AMBIENTEC, ESEN, 1991).

Los derrames petroleros provocan contaminación del aire, el suelo, de los ecosistemas acuáticos (mar, ríos, fuentes de agua), la flora y la fauna. Los derrames ocasionan problemas en la salud humana debido a la exposición a los hidrocarburos y a la contaminación de las bocatomas con agua potable. También generan el descalabro de las actividades productivas (turismo, empleo, construcción, etc.) y otros costos sociales considerables, como por ejemplo las migraciones de pobladores afectados (BID/CONADE, 1997).

Entre 1972 y 1996 se derramaron más de 581 mil barriles de petróleo (o más de 24 millones de galones)¹⁶. Estas cifras rebasan con creces al desastre del buque petrolero Exxon Valdez ocurrido en el golfo de Alaska en marzo de 1989, en donde se vertieron de un solo golpe cerca de 11 millones de galones oficialmente. La compañía Exxon pagó US\$ 5 mil millones por el desastre y US\$ 287 millones por los perjuicios causados a los pescadores de la zona (El País, 20 de febrero de 1999).

Respecto a las actividades de limpieza, las medidas tradicionalmente han consistido en construir empalizadas y piscinas, quemar el crudo y los desechos al aire libre, lo que genera otros efectos negativos (emisión de azufre, carbono, me-

16 Según información del Ministerio de Energía y Minas, Petroproducción, los monitoreos de las organizaciones locales como la Red de Monitoreo Ambiental y el Frente de Defensa de la Amazonía, organizaciones no gubernamentales como Acción Ecológica y algunos datos de los estudios de impacto ambiental que tiene la empresa estatal Petroecuador, los que fueron recogidos en el marco de una investigación realizada para el Programa BID/CONADE (1997). Estas cifras son superiores a las encontradas por Kimerling (1993).

tales pesados, hidrocarburos, partículas de carbono, óxidos de nitrógeno), tapar con tierra, hojas y árboles el sitio, hasta métodos más sofisticados como absorber o destruir la cadena hidrocarburífera vía remediación natural. Las técnicas y métodos utilizados para la limpieza de piscinas o derrames son demasiado simples y contaminantes, con lo que se provoca un perjuicio más considerable que la propia contingencia. En otras ocasiones, a veces no se limpia y los hidrocarburos permanecen por años en los suelos (BID/CONADE, 1997).

Consumo

La estimación contable del costo de cada barril de petróleo también omite las externalidades negativas asociadas al creciente consumo de combustibles fósiles tanto a lo interno como a lo externo, aunque conviene señalar que la extracción y el consumo ecuatorianos son marginales en el ámbito internacional¹⁷.

La industria arroja un amplio espectro de emisiones, dependiendo del sector de donde se derivan; en el transporte, el principal problema se origina en la contaminación por plomo contenido en la gasolina y en las emisiones de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, CO₂, oxidantes fotoquímicos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, aldehídos, etc., especialmente en las ciudades.

A juicio de la Organización Mundial de la Salud, el contenido máximo aceptable de plomo en la sangre es de 10 ug/dl (microgramos de plomo por decilitro de sangre), mientras que un estudio de la Fundación Natura realizado en barrios centrales de Quito en 1991, demostró la existencia de concentraciones de plomo en la sangre sobre 280% del valor límite permitido.

De hecho, las emisiones de CO₂ provocadas por el consumo de energía fósil han pasado de 3.4 x 10⁶ toneladas en 1970 a 18.9 x 10⁶ toneladas en 1997. En términos relativos, las emisiones de CO₂ originadas por el consumo de energía fósil han pasado de 569 kilogramos de CO₂ por persona en 1970 a 1.579 kilogramos de CO₂ por persona en 1997, de acuerdo a datos de la OLADE-SIEE (1999).

Resultados

De esta manera, queda claro que los precios del petróleo ecuatoriano excluyen las externalidades negativas envueltas en la extracción, transformación y uso de este recurso no renovable. Esto quiere decir que el precio de exportación de cada barril de crudo y derivados está subvaluado en términos ecológicos, a costa de

17 Según los datos de OLADE - SIEE (2002)

un grave e irreparable daño ambiental que incluso afecta a las áreas protegidas por el Estado¹⁸.

Algunos de los costos petroleros no internalizados en los precios de mercado, se resumen en la tabla 3. Se observa que los costos petroleros no internalizados unitarios, ascienden, al menos a 1 US\$ por barril. Dado que muchos daños económicos, sociales y afecciones a la salud humana no han sido valorados aún, se trata de un costo mínimo estimado.

Tabla 3
Valor mínimo de algunas externalidades negativas provocadas por la explotación petrolera

	10(6) bbl
Extracción petrolera total 1970-1990	1.521
Extracción petrolera total 1970-1997	2.457

Fuente: OLADE-SIEE (1999)

a. Costos de limpieza por actividades de la compañía texaco

	Costo total 10(6) US\$	Costo unitario US\$/bbl
Costo de reinyección de aguas de formación	600	0,39
Costo de "limpieza" caminos, derrames, gas	15	0,01
Costo de "limpieza" a nivel de pozos	15	0,01
Costos de "limpieza" Texaco 1970-1990	630	0,41

Fuente: Koons (1995)

18 La explotación petrolera en el Parque Nacional Yasuni, que fue declarado por la UNESCO como Reserva Nacional de la Biosfera y reconocido internacionalmente por biogeógrafos como una zona de alto endemismo, es un caso representativo. Desde 1986, gran parte del parque ha sido entregado a varias compañías para la explotación petrolera. Una de ellas, Maxus, construyó una carretera de 150 km. que atravesó el parque, para lo que se removieron 45 mil millones de m³ de arcilla roja que contiene aluminio tóxico y hierro. Estos fueron colocados en los nacimientos de los cuerpos de agua cuando se construyó la carretera. Los lados de la carretera fueron reforestados con especies de pasto agresivo llamadas *bracharia decumbens* y *desmodum* sp., de África y Asia respectivamente, favorables a la ganadería, lo que viola cualquier medida de bioseguridad para áreas protegidas.

b. Costos de otras externalidades negativas de la explotación petrolera

	Unidad Medida	Cantidad	Costo unitario US\$/Unidad	Costo total Millón US\$	Costo unitario US\$/bbl
Deforestación por actividad sísmica de Texaco 1970-1990 (1) (2)	ha	30.900	700	21,6	0,01
Deforestación por construcción de caminos 1970-1997 (3)	ha	1.200.000	700	840	0,55
Quema de gas natural 1970-1997(4) (5)	Ton CO ₂	36.024.000	1,73	62,3	0,03
Derrames petroleros (1972-1996) (6)	bbl	581.000			
Daños económicos, sociales y a la salud humana (7)	Varias				
Subtotal otras externalidades				924,0	0,59

c. Costo mínimo externalidades (A+B) US\$/bbl 1,01

(Fander Falconí Benítez, Septiembre 2000)

Fuentes y notas:

- (1) Estimación conservadora (Kimerling, 1993).
- (2) Estimación mínima por pérdida de madera comercial (US\$ 600/ha) y servicios no madereros (US\$ 100/ha).
- (3) Kimerling (1993) y Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
- (4) Asumiendo que no se aprovecharon 14.688 millones de m³ de gas en ese período (OLADE-SIEE, 1998).
- (5) El valor de US\$ 1.73/Ton CO₂ es una estimación de proyectos de "implementación conjunta" (USIJI, 1998).
- (6) BID-CONADE (1997). No valorados monetariamente todavía.
- (7) No valorados aún.

Los ahorros domésticos genuinos¹⁹

Medir el grado del progreso de una sociedad hacia la sostenibilidad es muy importante y cubre un amplio número de elementos interactivos, entre los cuales los factores más notables son el social, el económico, el institucional y el ambiental.

Aplicar un conjunto de indicadores para medir la (in) sostenibilidad no es solamente un problema técnico o estadístico sino también una opción, la cual tiene implicaciones políticas profundas. El Banco Mundial/BIRF (2000) presenta una serie de tiempo de ahorros domésticos genuinos para países escogidos entre 1970 y 1998. Los ahorros domésticos genuinos son definidos de igual forma que los ahorros domésticos netos, más gastos en educación y menos reducción de energía, reducción mineral, reducción neta forestal, y daños por dióxido de carbono. Hamilton (2000) presenta un modelo formal que sirve para identificar los ajustes de las medidas de ahorro requeridas para contabilizar recursos naturales, contaminantes y capital humano. Ciertamente, si una economía tiene una tasa alta de reducción en el tiempo de manera continua, esta refleja un camino (in) sostenible.

Las cifras del Banco Mundial llaman la atención por las siguientes razones: primeramente, porque a fin de obtener un indicador de ahorros genuinos, uno debe ser capaz de definir y medir la reducción de “capital natural” crematísticamente, y el costo del daño ambiental de las emisiones de dióxido de carbón está también estimado en términos monetarios. En este estudio (Banco Mundial 2000), el *capital natural* incluye algunos metales y minerales, petróleo crudo, gas natural, carbón y madera. Las estimaciones del Banco Mundial no incluyen agua extraída de acuíferos, nivel de existencia de peces, suelos, reducción de diversidad genética, pérdida de hábitats y biodiversidad que puede afectar la oferta de servicios ecológicos. Ellos contienen una selección muy limitada de externalidades (exactamente emisiones CO₂).

En segundo lugar, los datos del Banco Mundial indican que muchas economías más ricas y del Norte tienen tasas de agotamiento del “capital natural” de cero o casi cero acopladas a tasas positivas de ahorros domésticos genuinos, comparadas con muchos países del Sur ricos en recursos que tienen altas tasas de *capital natural* y tasas negativas o de casi cero de ahorros domésticos genuinos. En 1998 el *capital natural* o el valor de reducción del recurso natural (energía, mineral, y reducción neta forestal) como un porcentaje del PIB fue cero en Austria, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Japón, Países Bajos, España y Suiza. En contraste, la reducción de *capital natural* fue 15.7% en Argelia, 6.8% en Ecuador, 3.6% en México, 18.1% en Nigeria, y 12.2% en Venezuela. El daño del *dióxido de carbono* de las economías de altos ingresos fue menor que 0.5% del

19 Una versión de esta parte fue publicada en la revista *Cuestiones Económicas* No. 9, editada por el Banco Central del Ecuador. El artículo se basó en una ponencia presentada en la ABCDE-Europe. Conferencia del Banco Mundial “Workshop national sustainability strategies” en la cual el autor intervino junto a Martin O’Connor y Kirk Hamilton del Banco Mundial, en París del 26 al 28 de junio de 2000.

total del PIB en el mismo año.

Lo que inquieta en estos resultados es la elección de la frontera, lo cual implica ignorar el efecto del comercio. Si una economía depende completamente de los recursos naturales importados, esta puede ser, no obstante, sostenida con ahorros genuinos positivos, a pesar de que los recursos naturales están siendo destruidos en el otro lado del mundo. Actualmente, este es el caso de los países importadores de petróleo como los Estados Unidos, Europa Occidental y Japón. Un indicador que ignora el efecto del comercio no puede ser usado como una medida de sostenibilidad a un nivel global, y tiene serios problemas a un nivel local.

Al mismo tiempo, se deja de lado otras interpretaciones tales como el *espacio ambiental* o la *huella ecológica* ocupadas por economías con elevado consumo de recursos naturales.

El consumo de la energía (petróleo, gas y carbón) y la reducción de energía de las economías selectas del Norte pueden ser vistos en el cuadro 4. Los siete países más industrializados tienen reducción de energía (como porcentaje de PIB) de cero o cerca de cero en algunos casos, excepto Canadá, porque la reducción de energía es igual al producto de las rentas de la unidad de recurso y las cantidades físicas de energía extraída. No obstante, los siete países comparten el 45% del consumo global de petróleo, el 42% del consumo mundial de gas natural, y el 35% del consumo global de carbón, de acuerdo con el BP-Amoco Energy Statistics (1999).

Tabla 4							
Agotamiento de energía (en términos monetarios)							
vs. consumo de energía (en términos físicos) en 1998							
	Agotamiento de energía % PIB	Consumo de petróleo Millones	Participación del total	Consumo de gas natural Millón TOE	Participación del total	Consumo de carbón Millón TOE	Participación del total
Canadá	2,6	83,2	2,5%	63,3	3,1%	25,9	1,2%
Francia	0	94,5	2,8%	33,7	1,7%	15,1	0,7%
Alemania	0	136,6	4,0%	71,6	3,6%	84,7	3,8%
Italia	0	94,7	2,8%	51,5	2,6%	11,8	0,5%
Japón	0	255	7,5%	62,5	3,1%	88,4	4,0%
Reino Unido	0,2	80,5	2,4%	79,9	4,0%	40,7	1,8%
Estados Unidos	0,6	852,4	25,2%	551,2	27,3%	533,7	24,0%
Subtotal		1513,7	44,7%	850,4	42,2%	774,4	34,9%
Consumo Mundial		3389,0		2016,4		2219,4	

Fuente: BP-Amoco Energy Statistics 1999; Banco Mundial/BIRF 2000

Tabla 5
Indicadores de sostenibilidad débil en 1998

	S/Y	- dK _M /Y	- dK _N /Y	= Z1		+ E/Y	- CD/Y	= GDS
Mundial	22,7	12,2	1,3	9,2	sostenible	4,5	0,5	13,3
Bajos ingresos	31,1	8,1	3,6	19,4	sostenible	2,3	1,8	20,0
Ingresos medios	21,5	9,8	4,6	7,1	sostenible	4,2	0,9	10,5
Ingresos bajos medios	19,1	9,3	6,5	3,3	sostenible	4,1	1,5	5,8
Ingresos altos Medios	22,7	10,1	3,6	9,0	sostenible	4,3	0,6	12,8
Ingresos altos y medios	24,5	9,3	4,3	10,9	sostenible	3,6	1,1	13,4
Asia del Este y el Pacífico	38,6	8,8	2,3	27,5	sostenible	2,4	1,7	28,2
Europa y Asia Central	20,3	9,0	5,6	5,8	sostenible	4,3	1,9	8,2
América Latina y el Caribe	19,0	10,1	2,9	5,9	sostenible	4,2	0,4	9,8
Medio Este y África del Norte	18,2	9,5	14,8	-6,0	insostenible	4,4	1,0	-2,7
Sur de Asia	19,5	8,5	3,3	7,7	sostenible	3,1	1,2	9,6
Sub-Saharan África	14,9	9,5	5,0	0,4	sostenible	4,5	0,9	4,0
Ingresos altos	22,3	13,0	0,4	8,8	sostenible	4,8	0,3	13,3
Europa EMU	23,4	12,1	0,0	11,3	sostenible	4,7	0,2	15,8

Fuente: Calculado de la base de datos del Banco Mundial/BID 2000

Notas: *Ahorros domésticos brutos* (S) = *producto interno bruto* (Y) – consumo (público y privado). *Ahorros domésticos netos* (NDS) = S – *consumo del capital fijo* (dK_M). *Ahorros domésticos genuinos* (GDS) = NDS + *gastos de educación* (E) - dK_N (*explotación de energía + explotación de minerales + explotación neta forestal*) - *explotación del dióxido de carbono* (CD)

La aplicación de la “regla del ahorro” usando los datos del Banco Mundial en 1988 conduce a sostener que la economía global en conjunto es sostenible (ver tabla 5).

Ajustes como el indicador de ahorros domésticos genuinos sugieren la posibilidad de evaluar monetariamente los recursos forestales, a fin de obtener una estimación de su reducción (la reducción neta forestal está calculada como el producto de unidad de rentas de recursos y el exceso del ciclo de tala de madera sobre el crecimiento natural). Esto requiere: (i) tener un buen entendimiento del rol del bosque en estabilizar los ciclos geo-químicos (ej: agua para enfriamiento y CO₂), (ii) e inventarios físicos de biodiversidad, lo cual es imposible

Indicadores de sostenibilidad débil

Tabla 6
Ecuador: Indicador de *sostenibilidad débil* entre 1970 y 1998

Año	Ahorros domésticos netos (1)	Explotación de energía (2)	Explotación mineral (3)	Explotación del capital natural (4)=(2)+(3)	Indicador de sostenibilidad (1) - (4)	Gastos de educación (5)	Ahorros domésticos netos + gastos de educación (6)=(1)+(5)	Daño por CO ₂ (7)	Explotación del capital natural + CO ₂ daño (8)=(4)+(7)	Ahorros domésticos genuinos (9)=(6)-(8)	Indicador de sostenibilidad (6) - (8)
1970	6,9	0,4	0,0	0,4	sostenibilidad	3,2	10,1	1,4	1,8	8,4	sostenibilidad
1971	7,1	0,3	0,0	0,3	sostenibilidad	4,3	11,4	1,4	1,7	9,7	sostenibilidad
1972	9,6	2,6	0,0	2,6	sostenibilidad	4,3	13,8	1,3	3,9	9,9	sostenibilidad
1973	15,5	5,8	0,0	5,8	sostenibilidad	4,2	19,6	1,1	6,9	12,7	sostenibilidad
1974	19,8	17,4	0,0	17,4	sostenibilidad	4,2	23,9	0,9	18,3	5,6	sostenibilidad
1975	13,4	12,7	0,0	12,7	sostenibilidad	4,3	17,7	0,9	13,6	4,1	sostenibilidad
1976	15,2	13,4	0,0	13,4	sostenibilidad	4,7	19,9	0,8	14,2	5,7	sostenibilidad
1977	16,1	11,5	0,0	11,5	sostenibilidad	4,3	20,4	0,6	12,1	8,2	sostenibilidad
1978	15,2	10,9	0,0	11,0	sostenibilidad	4,3	19,5	0,7	11,7	7,8	sostenibilidad
1979	18,0	23,3	0,0	23,3	insostenibilidad	4,2	22,2	0,7	24,0	-1,8	insostenibilidad
1980	18,0	21,9	0,0	21,9	insostenibilidad	5,0	23,0	0,6	22,5	0,4	sostenibilidad
1981	16,1	18,1	0,0	18,2	insostenibilidad	4,5	20,6	0,7	18,8	1,7	sostenibilidad
1982	14,9	16,7	0,0	16,7	insostenibilidad	4,0	18,9	0,8	17,5	1,4	sostenibilidad
1983	13,7	18,2	0,0	18,2	insostenibilidad	3,2	16,8	0,8	19,1	-2,2	insostenibilidad
1984	15,8	19,2	0,2	19,3	insostenibilidad	3,6	19,3	0,9	20,2	-0,9	insostenibilidad
1985	15,1	16,1	0,0	16,1	insostenibilidad	3,2	18,3	0,7	16,8	1,5	sostenibilidad
1986	12,7	10,7	0,2	10,9	sostenibilidad	3,0	15,7	0,7	11,7	4,0	sostenibilidad
1987	8,3	9,3	0,4	9,7	insostenibilidad	3,0	11,2	0,8	10,5	0,7	sostenibilidad
1988	11,4	12,9	0,3	13,2	insostenibilidad	2,6	13,9	0,9	14,1	-0,2	insostenibilidad
1989	11,0	15,2	0,1	15,3	insostenibilidad	2,5	13,4	1,1	16,5	-3,0	insostenibilidad
1990	14,8	18,7	0,1	18,8	insostenibilidad	2,6	17,5	0,8	19,7	-2,2	insostenibilidad
1991	15,7	14,3	0,2	14,5	sostenibilidad	2,1	17,8	0,8	15,3	2,5	sostenibilidad
1992	16,8	14,0	0,0	14,0	sostenibilidad	2,1	18,9	1,0	15,0	4,0	sostenibilidad
1993	13,3	11,9	0,0	11,9	sostenibilidad	2,3	15,7	1,0	12,9	2,8	sostenibilidad
1994	13,4	10,4	0,0	10,4	sostenibilidad	3,1	16,5	0,5	10,9	5,7	sostenibilidad
1995	10,6	10,8	0,0	10,8	insostenibilidad	2,9	13,5	0,7	11,5	2,0	sostenibilidad
1996	15,2	12,6	0,1	12,7	sostenibilidad	3,0	18,2	0,7	13,4	4,7	sostenibilidad
1997	12,0	11,1	0,1	11,2	sostenibilidad	2,9	14,9	0,6	11,8	3,1	sostenibilidad
1998	10,2	6,8	0,0	6,8	sostenibilidad	3,2	13,4	0,7	7,5	5,9	sostenibilidad

Fuente: Banco Mundial/BIRF(2000)

Nota: El indicador de sostenibilidad fue calculado de la base de datos del Banco Mundial /BIRF

en muchos países al momento. El reciente debate en el tema de cambio climático mostró la falta de cierto conocimiento sobre el punto uno.

El estudio del Banco Mundial sobre Ecuador con datos entre 1970-1994, es un claro ejemplo de las implicaciones de cuantificar los ahorros genuinos (Banco Mundial 1996). De acuerdo a esta organización, la tasa de ahorro genuino fue cerca de cero o negativa durante el período de explotación de petróleo y la inversión en capital humano como una parte del producto nacional bruto se redujo a lo largo de la década.

Igualmente, el cambio neto en el volumen físico de stocks forestales sólo está valorado en términos monetarios, por lo tanto solo toma en cuenta la pérdida de madera comercial debido a la deforestación o cosecha, que no es sino la venta de madera en mercados a precios netos de costos de extracción.

Valorar los servicios forestales suministrados por bosques tropicales es un aspecto que ha llegado a ser una parte importante del debate sobre sostenibilidad. La idea principal es que los bosques no son solo aprovechados para madera, sino que ellos proveen una serie de servicios y funciones ambientales necesarias para el sustento humano y otras vidas. Por supuesto, los especialistas del Banco Mundial reconocen esta situación cuando ellos afirman, “porque la reducción estimada refleja solo los valores de la madera, ellos ignoran todos los beneficios externos asociados con bosques en pie.” (Banco Mundial/BIRF 2000)

Con el propósito de medir ahorros genuinos, el daño del dióxido de carbono está estimado en US\$ 20 por tonelada de carbón por el número de toneladas de carbón emitido. Asumiendo iguales derechos por persona en sumideros de carbón y suponiendo la reducción necesaria de emisiones de carbón que pueden ser de alrededor de la mitad de las emisiones vigentes, los costos anuales evitados por las economías ricas son iguales, alrededor de 3 mil millones de toneladas de carbón por el costo promedio de la reducción de emisiones¹⁸. Las reducciones pequeñas tendrán costos marginales bajos, pero las reducciones largas podrían implicar costos mucho mayores que US\$ 20 por tonelada, tal vez diez o veinte veces mayores a los impuestos sobre la necesidad de carbón para estabilizar las emisiones a los niveles de 1990 se estima que tienen que ser incrementados a tiempo (Fankhauser 1995).

La información presentada en el cuadro 6 para el período de 1970-1998, proviene de la base de datos del Banco Mundial. Es interesante notar que este organismo no presenta datos en reducción neta forestal en Ecuador.

La economía ecuatoriana fue insostenible en el sentido “débil” durante algunos de los períodos estudiados. A juzgar por las cifras, la economía fue insostenible (ahorros domésticos netos menos reducción de energía y reducción

18 Las emisiones globales de dióxido de carbono fueron 23.838×10^6 toneladas métricas en 1995 (WRI 1999), o aproximadamente 6.501×10^6 toneladas de carbón.

mineral) entre 1979-1985, en el período 1987-1990, y en 1995. Considerando los ahorros domésticos genuinos (ahorros domésticos netos, más gasto de educación y menos reducción de energía y reducción minera, y daño del dióxido de carbono), la economía fue insostenible en el sentido débil en 1979, 1983-1984, y 1988-1990. Las cifras de los ahorros domésticos genuinos se muestran en las figuras 9, 10 y 11.

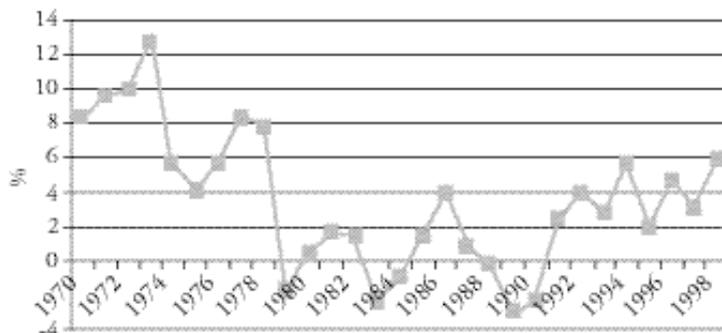
Si uno incorpora cifras para la depreciación de bosques debido a la pérdida de madera comercial y las funciones y servicios ambientales como resultado de la deforestación, un posible estimado de pérdidas causado por la destrucción de los manglares del país, y las externalidades negativas mínimas de la extracción de petróleo, la reducción del *capital natural* será más grande y las cifras para ahorros genuinos deberá ser modificada.

Figura 9
Ahorros domésticos genuinos vs. agotamiento del *capital natural*
(como porcentaje del PIB)

Fuente: Calculado en base a los datos del Banco Mundial / BIRE, 2000

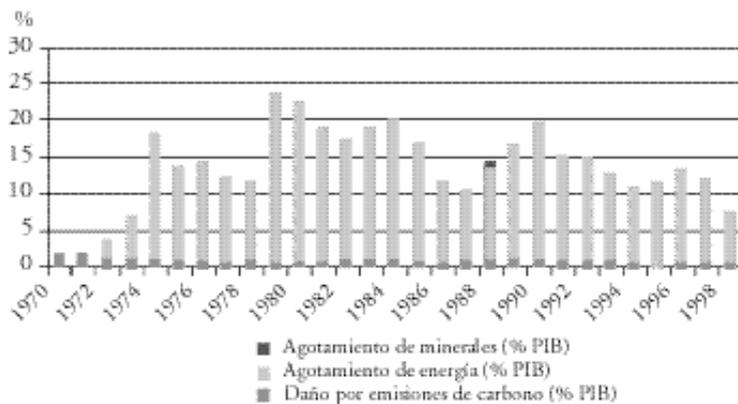
La pendiente de la regresión de la figura 9 puede ser interpretada como una elasticidad, la cual indica que cada incremento del 1% en la tasa de agotamiento del capital natural (como porcentaje del PIB) está asociado con una disminución del 0,54% en la tasa de los ahorros domésticos genuinos (como porcentaje del PIB). La serie de datos (los puntos en el gráfico) comprende el período 1970-1998.

Figura 10
Ecuador: Ahorros domésticos genuinos (como % del PIB)



Fuente: Banco Mundial / BIRE, 2000

Figura 11
Agotamiento del capital natural y daño por emisiones CO₂



Fuente: Banco Mundial / BIRE, 2000

Conclusiones

Objeciones a la valuación monetaria del medio ambiente

Existe una amplia tradición en los SCN para medir la depreciación del capital económico. Una de las principales conclusiones de esta primera parte es que existe un obstáculo no sólo técnico sino conceptual para medir económicamente el denominado *capital natural*. Dada la complejidad de los sistemas ecológicos, muchas de sus funciones se desconocen o se subvaloran, y para otras funciones no existe un mercado (si bien la teoría económica convencional utiliza valoración de contingencias o mercados artificiales).

Si se deja de lado las apreciaciones relativas a la forma en que se obtienen los valores, las dificultades recaen justamente en la utilización de una sola escala de valor (monetaria) para evaluar las funciones ambientales. La valoración de las funciones ambientales que se pierden, por ejemplo en el caso de la deforestación, es un problema complejo y multidimensional debido al gran número de criterios económicos, sociales, políticos, culturales y ambientales que intervienen.

Además, la valoración puede resultar difícil y a veces imposible debido a la (in)determinación monetaria de los costos de la explotación de los recursos. ¿Cuál es el precio que se debe dar a los daños que han sufrido las culturas indígenas afectadas por la explotación petrolera en el Ecuador?. Si la valoración monetaria de los bienes y servicios ambientales es muy dudosa y cuestionable, lo es más la valoración monetaria de una cultura o de un modo de vida. A falta de un precio de mercado para muchos bienes ambientales y debido a la existencia de externalidades irreversibles involucradas en la producción o consumo (extinción de especies, por ejemplo) e inciertas, resulta compleja la comensurabilidad de valores.

El método de depreciación

Los ajustes al sistema de cuentas nacionales, como los propuestos por Salah El Serafy y Robert Repetto, implican la posibilidad de valorar monetariamente el patrimonio natural y sus servicios ambientales, a fin de obtener su depreciación. Esto contempla contar con inventarios físicos de la biodiversidad, lo que resulta imposible en muchos países en los actuales momentos. Se ha examinado cómo en el Ecuador no existe certeza sobre los inventarios forestales actuales ni tampoco sobre el ritmo anual de deforestación, degradación forestal o regeneración del bosque secundario.

De acuerdo a mi parecer, es cuestionable el cálculo de la depreciación forestal presentada por Repetto debido que se asume que todas las categorías de ve-

getación son sustituibles, (“los bosques no son iguales”). Conforme a la forma monetaria de cálculo, la pérdida de bosque primario debido a la deforestación o degradación puede ser reemplazada con el crecimiento del bosque secundario y/o las plantaciones. No hace falta redundar en la diferencia entre la diversidad y composición biológica de un tipo de bosque y otro, así como entre la disparidad substancial entre un ecosistema bosque denso o claro y una plantación.

Igualmente, sólo se valora en términos monetarios el cambio neto en el volumen físico de los stocks forestales, capturando sólo la pérdida de la madera comercial debido a la deforestación, o sea por la venta de la madera en los mercados a precios netos de los costos de extracción.

La valoración de los servicios ambientales que prestan los bosques tropicales es uno de los aspectos fundamentales en los debates sobre la sostenibilidad. La reflexión central es que los bosques no son sólo útiles como madera, sino que prestan una serie de servicios y funciones ambientales valiosos para el soporte de la vida humana y de otras especies.

El procedimiento a seguir sería valorar los productos no madereros que se pierden con la deforestación, luego sumar este resultado al valor de los productos madereros evaluados anteriormente, y finalmente sustraer este total del PIB, a fin de conseguir un “mejor” PIB ajustado ambientalmente. A pesar de la aparente facilidad de esta operación, este cálculo es probablemente imposible. Las estimaciones de los productos no madereros se realizan con un bagaje muy frágil de supuestos.

Pearce (1996) divide a los valores no madereros en valor de extractivismo, valor de no extractivismo y valor de preservación. A juicio de este autor, los valores anuales de los bosques tropicales fluctúan entre US\$ 687 y US\$ 4.517 por hectárea. De esos totales, la absorción de carbono representa el 87%.

Fearnside (1997), por su parte, evaluó tres tipos de servicios ambientales para los bosques tropicales situados en Brasil: el valor de existencia de la biodiversidad, el valor del mantenimiento de los stocks de carbón y el valor del ciclo del agua. En promedio, llegó a la conclusión de que el valor del daño total provocado por la deforestación de 1.38 millones de ha en 1990, fue de US\$ 2.498 millones, es decir US\$ 1.810 por hectárea. Del total de los daños en 1990 (flujo anual sin considerar los valores actualizados), la absorción de carbono significó el 98.3%, el valor del ciclo del agua el 1.3% y la biodiversidad significó el 0.4%.

Costanza y algunos de sus colegas, en un controvertido artículo aparecido inicialmente en *Nature* (1997) y posteriormente reimpresso en *Ecological Economics* (1998), estimaron que los bosques tropicales tuvieron un valor por año de US\$ 2.007 por ha, que multiplicados por los 1.900 millones de ha de bosques tropicales en el mundo, arroja un flujo global anual aproximado de US\$ 3.813 x 10⁹. Para todos los ecosistemas, el ciclo de nutrientes representó el 51%, seguido por los servicios estéticos, artísticos, educacionales, espirituales y/o científicos de los

ecosistemas, el 9%. Los restantes 15 servicios ambientales -incluida la biodiversidad- representaron el 40%. Hay cuatro servicios ambientales (formación de suelo, polinización, refugio de especies y recursos genéticos) que tuvieron una participación menor al 1%.

¿Por qué la absorción de carbono tiene un alto peso en el total de los servicios ambientales perdidos? A mi parecer, habría al menos tres razones para empezar esta discusión. Primero, el creciente interés que va cobrando el efecto invernadero en las discusiones medioambientales mundiales, aunque, por cierto aún no existen compromisos internacionales sólidos para mitigar este problema, lo que estaría repercutiendo en el precio de la tC. Segundo, la falta de valoración adecuada de los beneficios que provoca la regeneración del bosque secundario. Tercero, las propias limitaciones de los cálculos, pues se podría estar sobrevalorando o subvalorado en términos monetarios ciertos servicios ambientales ya sea por falta de información acerca del comportamiento del mercado o por el desconocimiento de la importancia ecológica que tienen, o sea que los precios no estarían dando señales adecuadas de su real escasez relativa. De todos modos, cabe mencionar que si se deja de lado la absorción de carbono, todos los estudios indicados llegan a la conclusión de que los servicios no madereros representan anualmente como mínimo US\$ 100 por hectárea.

Sin embargo, los bosques no son la parte del medio ambiente cuyo valor económico está sub-representado. En la economía mundial, la cantidad total de energía controlada por la humanidad en 1999, para todas sus actividades (agricultura, industria, transportes, actividades militares y residenciales) fue de alrededor de 11 TW (1 teravatio es 10^{12} joules/segundo), alrededor de 350×10^{18} Joules/año (BP- estadísticas de Amoco Energy, 1999). Mientras que, solo para mantener los ciclos del agua, los procesos naturales de la Tierra están utilizando 44,000 TW de energía solar (alrededor de $1,400,000 \times 10^{18}$ Joules/año), 4,000 veces la energía bajo control humano (Giampietro, 1999).

El método del costo de uso

Por otra parte, para aplicar el método de El Serafy, se requiere asumir supuestos fuertes respecto a la fijación de *una* tasa de descuento o interés.

Al respecto, hay una relación de circularidad entre los ajustes verdes de la contabilidad nacional y la tasa de descuento o interés. La aplicación del método de El Serafy requiere la definición de una determinada tasa de descuento. No obstante, la fijación de una tasa de descuento es arbitraria.

Se podría asumir que la tasa de descuento debería ser igual a la tasa de crecimiento "sostenible" de la economía (para poder aplicar el argumento de la utilidad marginal decreciente, siempre que se asuma que las preferencias tempora-

les puras deberían ser iguales o muy cercanas a cero) o similar al crecimiento que depende de las inversiones genuinas o productivas desde el lado ambiental. Entonces se entra en un argumento circular, porque para conocer cuál es la parte de crecimiento sostenible, se necesita especificar una determinada tasa de descuento.

Simultáneamente, la definición del costo de restauración y finalmente de los precios que se dan a las externalidades asociadas con la explotación petrolera, no es un problema técnico de costeo o de contabilidad nacional. La explotación petrolera ha tenido y tiene costos sumamente altos, los que no han sido internalizados en los precios de mercado tal como propugna la teoría convencional, sino más bien han sido socializados o directamente transferidos hacia los grupos más débiles o a la sociedad en su conjunto, lo que en la literatura económica y ambiental se conoce como *cost-shifting* (desplazamiento de costos).

La compensación monetaria a los afectados por parte de los contaminadores ha sido escasa o nula. Todo esto sin dejar de lado que la compensación no tiene como objetivo reducir la degradación ambiental, sino solo compensar el bienestar perdido asociado con la degradación ambiental (Nijkamp, 1986). Tampoco se puede descuidar que estos costos van más allá de aquello que es posible restituir y reparar, pues aparecen otros valores como la cultura, la espiritualidad, el bienestar psicológico, la soberanía, todos ingredientes básicos para el pleno desarrollo de los pueblos.

Queda claro quiénes son los generadores de los daños. Igualmente, está claro quiénes son los afectados por la explotación petrolera: las actuales generaciones (fundamentalmente las comunidades indígenas y los colonos), las futuras generaciones, y otras especies. ¿Por qué ocurre esta situación? Evidentemente, debido a que existe una asimetría de poder entre los contaminadores y los afectados. La política de las empresas petroleras para pagar el “costo de restauración” de los daños petroleros en general ha sido ofrecer (¡ni siquiera cumplir!) pequeñas e insignificantes obras de infraestructura como en el caso de la Texaco.

Indicador del ahorro doméstico genuino

Estas consideraciones también se aplican al indicador del *ahorro genuino*. Es relevante recalcar en que el indicador del ahorro genuino depende del PIB. Las naciones que poseen un crecimiento del PIB fuertemente positivo es mucho menos probable que obtengan resultados de ahorro genuino débil o negativo. Los países con economías fuertes tienden también a invertir más en educación.

Debido a que los cálculos de los ahorros genuinos parten de cifras del PIB, antes de realizar algunas correcciones como adiciones o sustracciones, éste tien-

de a justificar aumentos en el crecimiento del PIB real como la medida central del desarrollo sostenible “débil”.

El índice de bienestar económico sostenible

Vale también hacer una referencia al índice de bienestar económico sostenible (IBES), el cual se inscribe en los indicadores de sostenibilidad débil, propuesto originalmente por Daly y Cobb (1989). Los cálculos de ciertos componentes del IBES son muy polémicos. Entre ellos constan la valoración del trabajo doméstico no remunerado, los distintos costos ambientales, el agotamiento del capital natural (recursos no renovables y los recursos renovables) y los daños ambientales a largo plazo. El ISEW amplía los problemas derivados de la valoración monetaria del medio ambiente, más aún cuando se trata de un indicador sintético.

El IBES parte del *consumo privado*, el cual, como señalan Daly y Cobb (1989), es ciertamente la medida de bienestar más apropiada que la producción, aunque todavía es debatible. El crecimiento del consumo privado está relacionado positivamente con el crecimiento del bienestar. En mi opinión, esto es cuestionable por dos razones: primero, debido a que puede existir un consumo insostenible, especialmente relacionado con la población más rica y, en segundo lugar, a pesar del hecho de que se ha utilizado un índice de equidad distributiva para medir el *consumo privado*, existe un consumo desigual entre los diferentes grupos de la población, lo cual no capta el IBES.

Otro problema del IBES es que existen muchas categorías posibles que pueden añadirse y sustraerse, las razones por las que éstas han sido omitidas son varias: falta de información, factores subjetivos de cada investigador, entre otros.

La manera en la que muchos componentes del IBES han sido calculados es polémica y ha sido claramente discutida por los autores mismos, lo cual ciertamente ayuda a observar tanto sus ventajas como sus desventajas.

Los cálculos del IBES implican el establecimiento de un valor monetario sobre una serie de costos ambientales (agua, aire, entre otros), así como sobre la pérdida de capital natural (recursos renovables y no renovables) y sobre los daños ambientales de largo plazo. Estos cálculos enfrentan los problemas técnicos usuales de valorar bienes y servicios ambientales fuera de los mercados convencionales, así como una serie de problemas conceptuales tales como el considerar que el “capital natural” y el capital económico son sustitutos.

*Impuestos ambientales sobre el consumo de capital natural
y sobre las externalidades provocadas por las exportaciones*

Otra preocupación de este trabajo fue examinar la utilidad del SCN corregido ambientalmente, para medir el avance o retroceso de una economía hacia la (in)sostenibilidad. ¿Es eficaz la corrección al SCN mediante el método de depreciación o el método del costo de uso para la toma de decisiones de política ambiental?

Respecto al método de depreciación, los datos revelan que la economía ecuatoriana fue insostenible en la mayoría de los períodos. En los años en que la economía era sostenible hubo una serie de factores entremezclados que obscurecieron el análisis. La “sostenibilidad” de la economía en los años indicados se debió básicamente a la incorporación de nuevas reservas petroleras por efectos de la exploración y perforación de pozos, así como de estudios de simulación que permitieron la revaloración de varios campos petroleros. El indicador de sostenibilidad débil no aportó ninguna información acerca de los otros costos implícitos (no los contables) en la obtención de esos nuevos recursos petroleros.

El indicador de sostenibilidad débil igualmente encubre las relaciones internacionales desiguales entre regiones y países. Al respecto, la sostenibilidad debería ser vista como un proceso global. En el caso de su aplicación, se deberían contabilizar todos los flujos de intercambio, tanto de entrada como de salida, sea de energía o materiales.

El Ecuador no reinvertió (en los términos que propugna la sostenibilidad débil) sus recursos provenientes de la bonanza petrolera. La señal clara sería que el país debería utilizar los recursos petroleros en inversión productiva. Sin duda, esta recomendación de política es útil, pero insuficiente y demasiado general en términos prácticos.

El costo de uso también podría ser considerado un impuesto al agotamiento del “capital natural”, o como una forma de compensar el intercambio ecológicamente desigual, esto es la venta de los países del Sur a precios bajos porque no están incorporando las externalidades negativas presentes en el proceso de extracción, transformación y uso de este recurso no renovable.

En t relas políticas para alcanzar la sostenibilidad se ha propuesto la aplicación de un impuesto al agotamiento del capital natural (“*ecotax*”), el cual busca gravar el consumo del capital natural (Costanza *et al.*, 1997). El eco-impuesto podría ser administrado como otro impuesto, pero requeriría acuerdos internacionales o al menos tarifas ecológicas nacionales para prevenir que algunos países saturen los mercados con productos fabricados con capital natural no gravado.

Observaciones finales: hacia la sostenibilidad fuerte

Por todos estos motivos expuestos, los indicadores de sostenibilidad débil, que son parte de los modelos neoclásicos de crecimiento económico con recursos agotables, no permiten visualizar con claridad la compleja relación entre la economía y el medio ambiente, y pueden llevar a equívocos en la definición de políticas y en los instrumentos ambientales. Así por ejemplo, se pueden sobrevalorar determinadas funciones ambientales y subvalorar otras por desconocimiento.

Considero apropiado buscar indicadores físicos, químicos y biológicos que permitan adentrarse en la sostenibilidad fuerte. Bajo este concepto, el *capital económico* y el *capital natural* no son sustitutos sino complementarios, pues el capital natural provee funciones que no pueden ser reemplazadas por el capital económico. Estas funciones que se denominan *capital natural crítico* tienen que ser preservadas para las siguientes generaciones.

Por lo pronto, el *producto interno neto* (PIN) “verde” y el supuesto fuerte que está tras de bastidores (sustitución perfecta entre “capitales” y recursos naturales inagotables), no deja de ser un indicador que proporciona un pálido reflejo de una realidad mucho más compleja. Frente a estos indicadores tan débiles, se requieren indicadores físicos más robustos.

También debe quedar claro que para aplicar la sostenibilidad fuerte se requiere un conjunto de indicadores no monetarios, los que pueden proporcionar señales contradictorias acerca de la (in)sostenibilidad de una determinada región o país, por lo que la construcción de un índice físico sintético de (in)sostenibilidad presenta dificultades.

Una condición previa para la sostenibilidad es la de mantener las funciones ambientales, lo cual significa decir: conservar la capacidad de los procesos naturales y sus componentes para proporcionar bienes y servicios ambientales que puedan ser identificados como stock o flujos de K_N , los cuales son proporcionados por las diferentes formas de capital natural (Faucheux and O'Connor, 1997).

El pensar y considerar al medio ambiente natural como *capital natural* no es satisfactorio en muchos sentidos, pero es útil dentro de ciertos límites (Daly, 1992). Este autor señala que el capital puede ser definido ampliamente como un stock de algo que genera un flujo de bienes y servicios útiles. Es posible distinguir entre los K_N renovables y no renovables, y entre el K_N que pasa por el mercado y el K_N que no lo hace; esto lleva a cuatro categorías sobrepuestas. De nuevo, como Daly señala, el argumento central es que el K_N consiste en existencias físicas que son complementarias al capital hecho por el hombre.

La caracterización de la sostenibilidad en términos de un criterio “fuerte” o de cambios no-negativos en las existencias específicas de K_N a través del tiempo, proporciona una justificación vigorosa para desarrollar indicadores no-monetarios de la sostenibilidad ecológica, basados en medidas físicas directas de flu-

jos y existencias importantes (Faucheux y O'Connor, 1997).

Existen varias formas de interpretar el concepto de sostenibilidad fuerte. De acuerdo a Pearce y Turner (1990), la sostenibilidad puede ser analizada en términos de la necesidad de mantener las existencias de capital natural, para lo que se requiere aplicar la regla del $d(K_N) = 0$.

¿Qué significa una provisión constante de capital natural? Las interpretaciones de Pearce y Turner (1990) están relacionadas con la valuación monetaria del K_N . La primera interpretación es que las existencias de capital natural son constantes si su cantidad física no varía. En vista de la precaución sobre la cual diferentes cantidades físicas (toneladas de carbono, metros cúbicos de madera, litros de agua, etc.) no deben ser sumadas entre ellas, “el acercamiento económico estándar sería valorar cada tipo de recurso en términos de dinero y contabilizar el valor de dinero agregado final. Si esto puede ser realizado, de la misma manera en la que podemos hacer estimaciones sobre la ‘riqueza nacional’ - ej. el stock de capital hecho por el hombre- entonces podríamos re-escribir los requerimientos de K_N en términos del valor real constante de las existencias de activos naturales” (op. cit.: 53).

En segundo lugar, es necesario calcular los servicios proporcionados por el *capital natural* en términos de valor unitario. “Esto significa que podemos ver los precios de los recursos naturales y buscar mantenerlos en términos contantes. Dado que nosotros estamos satisfechos con el hecho de que los precios reflejan la escasez absoluta, los precios reales constantes implicarían un stock de capital natural constante en este sentido modificado. Un problema obvio aquí es que muchos recursos no tienen precios observables. Se necesitaría encontrar precios implícitos o ‘sombra’, de alguna manera”. (op. cit.: 53)

En tercer lugar, ellos proponen considerar un valor constante de los flujos de recursos que se derivan del capital natural. “Este es diferente de los precios constantes debido a que permitiríamos que la cantidad disminuya pero que los precios suban, manteniendo el valor constante.” (op. cit.: 53)

Al comentar sobre estas posibilidades, Munda (1997a) señala que la idea de un stock de capital natural constante es muy importante y deseable. Sin embargo, éste añade que se debe admitir que el punto de vista de Pearce y Turner muestra que el establecimiento de indicadores relevantes para el desarrollo sostenible relacionados con esta idea es muy difícil. De acuerdo a Munda, esto se debe a que parten del supuesto de la *conmesurabilidad monetaria completa*.

Daly (1991: 256) propone varios principios para definir la sostenibilidad:

- (1) “Lo principal es limitar la escala humana a un nivel que, si bien no es óptimo, está al menos dentro de la capacidad de carga y, por tanto, sostenible.”
- (2) “El progreso tecnológico para el desarrollo sostenible debe aumentar la eficiencia en vez de aumentar la productividad. El limitar la escala de produc-

- tividad de los recursos inducirá este desplazamiento tecnológico.”
- (3) En cuanto a los recursos renovales, (a) “las tasas de recolección o cosecha no deben exceder las tasas de regeneración” y (b) “las emisiones de desperdicios no deben exceder la capacidad de asimilación del medio ambiente”.
 - (4) “Los recursos no-renovables deben ser explotados, pero a una tasa igual a la creación de sustitutos renovables.”

Estos criterios son valiosos desde un punto de vista teórico, pese al hecho de que algunos de ellos son muy complicados de poner en práctica (Víctor, 1991). En el caso de los recursos renovales, se podría cuestionar: ¿A que tasa deberían ser extraídos? o ¿cuál debe ser la tasa de uso?- ya que existen muchas tasas posibles de uso y extracción sostenible. De esta manera, se podría aplicar un esfuerzo de recolección nulo y permitir que el stock de recursos renovales alcance un máximo, o uno puede hacer un gran esfuerzo de recolección y dejar solo lo que es necesario para la reproducción y el crecimiento futuro; o uno puede explotar los bosques, por ejemplo, de acuerdo a este criterio de producción sostenible máxima (cosechando la máxima cantidad de producto y sin reducir sus stocks en el largo plazo).

La literatura ambiental y de los recursos naturales incluye muchos de estos tipos de análisis, por ejemplo ver Pearce y Turner (1990, capítulo 16). La idea es que los recursos renovales tienen una curva de crecimiento logística cuando las existencias de los recursos están relacionadas con el tiempo. Por otro lado, al relacionar la tasa de crecimiento (eje vertical) con el stock (eje horizontal), se forma una curva de U invertida, sobre la cual el máximo de la función es el rendimiento máximo sostenible (RMS), lo cual ocurre cuando la tasa de crecimiento de un recursos alcanza su nivel más alto. Este análisis es más complicado cuando se introducen criterios económicos marginales. Para resumir, se deben buscar los indicadores no monetarios de acuerdo al problema específico con el cual se trata. La solución propuesta por Hueting, para establecer los estándares o normas ambientales, y posteriormente encontrar los medios económicos más bajos para alcanzar tales objetivos (costo-efectividad) y de ese modo tener una estimación de la distancia entre el SCN sostenible y el SCN convencional, también se acerca más al concepto de sostenibilidad fuerte. Estas normas pueden ser establecidas siguiendo un debate de política científica-pública real, como ha sido propuesto por Funtowicz y Ravetz (1997).

Finalmente, se debe tener en claro que para aplicar el concepto de sostenibilidad fuerte, se necesitan un conjunto de indicadores monetarios y no-monetarios. Las señales contradictorias en cuanto a la (in) sostenibilidad de un país o región específica se pueden manejar solamente con el uso de indicadores no-mesurables de desempeño pertenecientes al campo de descripción no equivalente. Este problema llama al uso del análisis multicriterio. Se discutirá este punto en la siguiente parte.

Parte 2
Acercamiento a la
sostenibilidad fuerte

Capítulo II

Análisis integrado de la energía

La segunda parte de esta investigación, la cual analiza el estudio y aplicación de la sostenibilidad fuerte, se divide en cuatro capítulos. Primero se realiza un análisis integrado de la energía. Luego se efectúa una aplicación de la *evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* a la historia económica del Ecuador, en la cual se combina tanto información económica como biofísica. En tercer lugar, como complemento del capítulo anterior, hay un estudio de las transformaciones en el uso de la tierra. Finalmente, los temas discutidos en estos capítulos llevan a obtener una variedad de información para sustentar el análisis multicriterio de la economía ecuatoriana.

Este capítulo se divide en ocho secciones. La sección 1 examina las unidades de energía. La sección 2 describe el inventario de recursos. La sección 3 explora los patrones de producción de energía primaria. La sección 4 estudia el patrón de consumo de energía. La sección 5 discute de una manera crítica la relación entre economía y energía. La sección 6 describe la relación entre los precios de energía y las variables económicas. La sección 7 establece vínculos entre las emisiones de CO₂ con algunas variables económicas y físicas. Finalmente, la sección 8 proporciona un análisis de la relación y el desempeño de los indicadores. En el marco de esta investigación, es interesante comparar el Ecuador con otros países que tienen patrones similares (o no-similares) en tiempo y espacio, por tanto, se realizan comparaciones internacionales, especialmente con América Latina.

Unidades de energía

Las medidas comunes de energía son: la unidad térmica británica (Btu), la caloría (cal), el kilovatio-hora (Kwh) y el joule (J). El joule es la unidad estándar de medición del Sistema Internacional de Unidades.

El joule es la cantidad de energía requerida para calentar un centímetro cúbico de agua en aproximadamente un cuarto (0.239 en realidad) de grado centígrado. También es la energía requerida para levantar aproximadamente 10 centímetros a un peso de 1 kilogramo. Un kilo-joule (kJ) equivale a mil (10^3) joules; un mega joule (MJ) equivale a un millón (10^6) de joules; un giga-joule (GJ) representa un billón (10^9) de joules; un tera-joule es un trillón (10^{12}) de joules (TJ).

La kilocaloría es una unidad de energía térmica que mide la cantidad de calor necesario para aumentar la temperatura de un litro de agua de 14.5 a 15.5 grados centígrados. La caloría alimenticia es mil veces más grande que la caloría térmica. De acuerdo a Peet (1992), este es el resultado de un accidente histórico: la palabra “kilocaloría” fue acortada a “caloría” para su uso en aspectos dietéticos y alimenticios, y la parte “kilo” de la palabra fue olvidada. Una mujer joven con actividad física moderada y con un peso de 55 Kg. requiere una cantidad de comida que proporcione cerca de 2,300 calorías diariamente; y un hombre joven de 65 Kg. de peso, necesita aproximadamente 3,200 calorías al día. La tabla 1 muestra los principales factores de conversión de energía, muchos de los cuales son utilizados en esta investigación.

Inventario de recursos

El Ecuador tiene una importante cantidad de recursos naturales así como un potencial diversificado de energía, como se indica en la tabla 2. Las reservas incluyen petróleo, gas natural y carbono. El potencial de energía consiste en: hidroenergía, energía geo-térmica, eólica, solar, leña y bagazo.

Las reservas de petróleo representan el recurso natural más significativo. Sin embargo, la participación de las reservas probadas de petróleo en el Ecuador sobre las reservas mundiales de petróleo es bastante marginal (0.2%). Las principales reservas comprobadas de petróleo en el mundo se han encontrado en el Medio Oriente, donde a finales del 2000, alcanzaron el 64% de las reservas globales (OLADE 2002). América Latina y El Caribe tuvieron un 13.6% de las reservas comprobadas del petróleo mundial en el mismo año.

La razón de reservas-extracción en términos de años, en 2000, alcanza los 31 años en el caso del petróleo y 28 años en el caso del gas natural. La mayor

Análisis integrado de la energía

utilización de la energía hídrica o el número de años en los cuales el país utilizará completamente su potencial de energía hídrica, tomando en cuenta la capacidad instalada y la tasa de crecimiento promedio, es de aproximadamente 27 años.

Tabla 1
Conversiones energéticas comunes

	BOE	TOE	TEC	TERACAL	TERAJOUL	10 ³ BTU	MWh	Kg GLP	M ³ GN
BOE	1	0.14	0.20	1.39E-03	5.81E-03	5.52E+03	1.61	131.06	1.67E+02
TOE	7.21	1	1.43	0.01	0.04	3.98E+04	11.63	943.40	1.20E+03
TEC	5.04	0.70	1	7.00E-03	0.03	2.79E+04	8.14	660.94	843.17
TERACAL	720.57	100.00	142.86	1	4.18	3.98E+06	1.16E+03	9.43E+04	1.20E+05
TERAJOUL	172.22	23.90	34.14	0.24	1	9.52E+05	277.78	2.26E+04	2.88E+04
10 ³ BTU	1.81E-04	2.51E-05	3.59E-05	2.51E-07	1.05E-06	1	2.92E-04	0.02	0.03
MWh	0.62	0.09	0.12	8.60E-04	3.60E-03	3.42E+03	1	80.55	103.61
Kg GLP	7.63E-03	1.06E-03	1.51E-03	1.06E-05	4.43E-05	42.15	0.01	1	1.28
M ³ GN	5.98E-03	8.30E-04	1.19E-03	8.30E-06	3.47E-05	33.04	9.65E-03	0.78	1

BOE= barril de equivalente de petróleo. TOE= toneladas de equivalente de petróleo.
TEC= toneladas de equivalente de carbono.
Fuente: OLADE-SIEE (2002)

Tabla 2
Inventario de recursos
Reservas

	Unidad	Año	Probados	Probable	Posible
Petróleo	10 ⁶ bbl	2000	4,566	42	1,062
Gas natural	10 ⁹ m ³	2000	28.6	1.1	
Carbón	10 ⁶ tons	2000	22	4	
Potencial					
	Año	Potencial	Unidad	Energía	Unidad
Energía hídrica	2000	22,000	MW	94,258	GWh
Geotérmica	1997	489	MW	2,142	GWh
Eólica	1983	36	W/m ²	314	KWh/m ²
Solar	1987	324	W/m ²		
Leña	1995			3,280	10 ³ ton
Bagazo	1995			1,160	10 ³ ton

Fuente: OLADE-SIEE (1999, 2002)

Provisión de energía primaria

A nivel regional

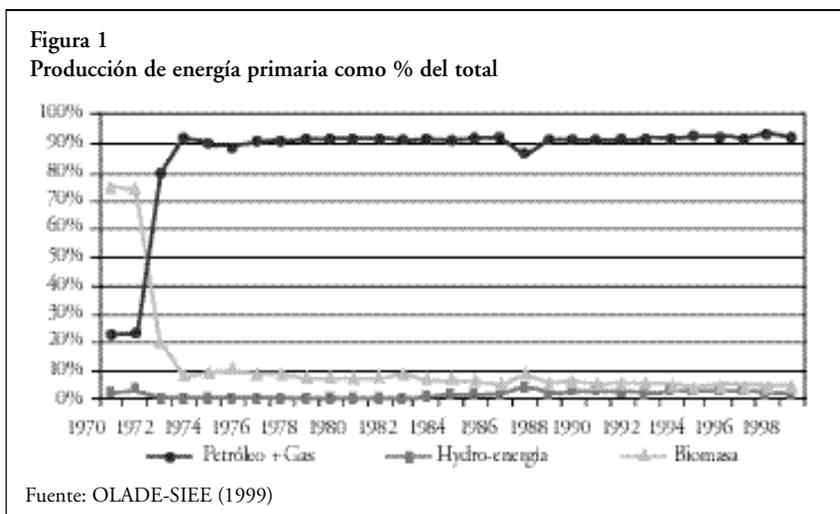
En el contexto de América Latina, existe una tendencia hacia el decrecimiento de la participación de la biomasa, especialmente de la leña en la producción de energía primaria, siendo los casos más destacados entre 1970 y 1997, el de Brasil (71% a 37%), Ecuador (75% a 5%) y México (15% a 4%). Las cifras de la producción de energía primaria en algunos países escogidos de América Latina se muestran en la tabla 3.

A nivel nacional

- Producción de energía primaria

En el país, la producción de energía primaria en 1998 alcanzó 988 PJ (10^{15} joules); ha aumentado, 925 PJ en relación a 1970, esto es, un incremento del 1,474%, principalmente por la exportación.

En 1970, como porcentaje de la producción de energía primaria, la energía renovable (leña, bagazo y energía hídrica) alcanzó el 77%, mientras que el 23%



La fig. 1 muestra el uso de cada fuente de energía como porcentaje de la producción de energía primaria total entre 1970 y 1998 en el Ecuador. La figura revela un gráfico en forma de tijera abierta. La biomasa, especialmente la leña, fue sustituida por petróleo, gas natural y energía hídrica.

Análisis integrado de la energía

Tabla 3								
Producción de energía primaria en algunos países de América Latina como porcentaje (%) de la producción total de energía primaria y 10³ boe								
País/Año	petróleo	gas natural	carbón	energía hídrica	biomasa	otros	Total	
							%	10 ³ boe
Argentina								
1970	67,6	22,7	1,2	0,6	5	2,9	100	215.088
1997	52,9	38	0,2	3,7	1,9	3,3	100	583.913
Bolivia								
1970	51,8	32,1		7,9	8,2	0	100	18.194
1997	21,1	63,1		5,5	9,1	1,2	100	61.034
Brasil								
1970	16,8	2,2	2,1	7	71,4	0,5	100	353.152
1997	33,2	6,6	1,6	18,9	37,3	2,4	100	916.267
Colombia								
1970	58,3	8,3	10,6	3,6	19,1	0,1	100	146.145
1997	49,8	8,4	30,1	4,7	6,5	0,5	100	506.475
Chile								
1970	26,1	31,9	15,7	5,4	20,9	0	100	50.048
1997	4,5	25,4	8,7	18	43	0,4	100	63.355
Ecuador								
1970	14,5	8,3		2,7	74,5	0	100	10.807
1997	87,6	5,1		2,6	4,7	0	100	173.237
México								
1970	47,3	30,7	3,5	3,1	15,4	0	100	366.462
1997	71,7	16,2	3,1	1,3	4,3	3,4	100	1.655.579
Venezuela								
1970	87,5	12,3		0,2	0	0	100	1.741.941
1997	75,7	19,8	1,8	2,5	0	0,2	100	1.598.149
América Latina y el Caribe								
1970	66,4	14,2	1,5	1,9	15,8	0,2	100	3.148.801
1997	59	17,3	4,2	6,2	11,3	2	100	5.993.218
Fuente: OLADE-SIEE (1999)								

restante consistió en energía no-renovable (petróleo y gas natural). La producción de energía primaria renovable disminuyó drásticamente al 8% del total en 1998. Los cambios en cuanto a la producción de energía primaria para el Ecuador sobre el período analizado se muestran en la tabla 4 y en la fig. 1.

Tabla 4				
Ecuador: Producción de energía primaria				
10³ barriles equivalentes de petróleo (boe)				
Fuente/Año	1970	1980	1990	1998
Petróleo	1.572	77.044	107.615	148.945
Gas natural	901	3.197	5.176	8.413
Energía hídrica	279	598	3.451	4.503
Leña	7.196	5.657	6.254	6.377
Bagazo	859	1.278	1.421	1.888
Total	10.807	87.774	123.917	170.126
Fuentes renovables como % de producción total de energía primaria	77%	9%	9%	8%
Fuente: OLADE-SIEE (1999)				

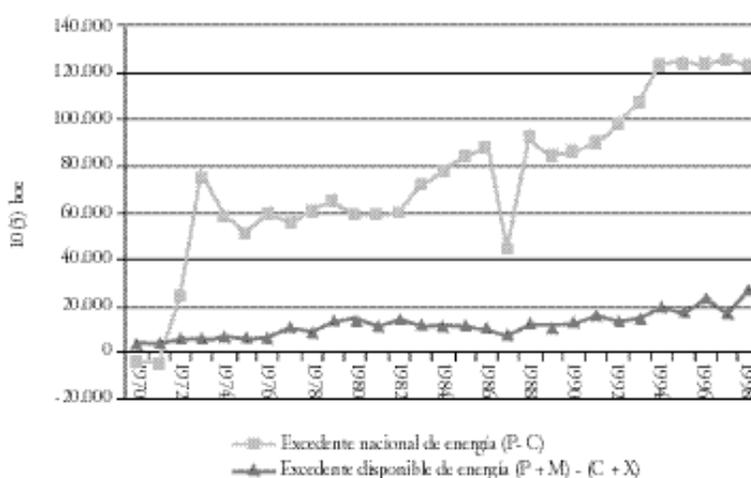
La extracción de energía de fuentes no renovables puede ser interpretada como un indicador de (in) sostenibilidad debido a que existe un stock finito de estos recursos. Además, la extracción de energía de fuentes renovables no significa necesariamente que el país es sostenible. Por ejemplo, la leña puede ser extraída a una tasa de extracción superior a su máxima producción sostenible.

La extracción de petróleo ha mostrado una tendencia en general al alza. Esto se debe a dos factores principales, como se explicó en el capítulo 1: la necesidad de asegurar ingresos para el Estado como una forma de mitigar las caídas presupuestarias y el crecimiento interno del consumo de combustibles. El país también ha incrementado su extracción de gas natural, pero la participación de éste en la producción total primaria ha decrecido de 8.3% en 1970 a 4.9% en 1998.

El sector de energía eléctrica se ha caracterizado por un crecimiento alto y constante en cuanto a su oferta y demanda. En el año 2000, la generación de energía eléctrica fue de 10,607 GWh comparado con 944 GWh en 1970. Este crecimiento responde al incremento de la demanda en la energía eléctrica y la expansión de la cobertura del servicio. Del total de la producción de energía, el 70% provino de la energía hídrica en el 2000.

La capacidad instalada de generación de electricidad alcanzó un total de 3,499 MW en el 2000, proveniente en forma equilibrada de plantas termoeléctricas y 44% de plantas hidroeléctricas.

Figura 2
Autosuficiencia de la energía



Fuente: calculado de datos obtenidos del OLADE-SIEE (1999)

- Excedente Nacional de Energía y Excedente Disponible de Energía

Desde 1972, la producción primaria de energía ha sido mayor al consumo final de energía. Esto significa que el país ha sido autosuficiente en energía. Desde el mismo año, la razón de exportaciones/importaciones ha sido mayor que 1. En otras palabras, ha existido un balance de energía positivo.

El *excedente nacional de energía* (ENE) y el *excedente de energía disponible* (EED) tienen una tendencia al alza, como se muestra en la figura 2. El ENE es igual a la producción primaria de energía (P) menos el consumo final de energía (C). EED es igual a $(P + M) - (C + X)$, donde M representa las importaciones de energía y X las exportaciones de energía. (Se han tomado los nombres de ENE y EED de un trabajo teórico de indicadores de sostenibilidad desarrollado por Faucheux *et al.*, 1998).

Las tendencias al alza de ENE reflejan el aumento de la producción de energía primaria, particularmente en cuanto a la extracción de petróleo. De hecho, la producción de energía primaria creció a una tasa promedio de 19.2% por año entre 1970 y 1980. Las exportaciones (de petróleo) crecieron a una tasa promedio de 39.2% al año durante la expansión económica de los 70. Resulta significativo observar el incremento del consumo de energía exosomática durante esos años. Las cifras de las tasas de crecimiento anuales de producción de: energía primaria, consumo final, importaciones y exportaciones por períodos se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 Tasas de crecimiento anual de producción primaria de energía, consumo final, importaciones y exportaciones por períodos (1970-1998)						
Períodos	Producción/ extracción	Consumo	Importaciones	Exportaciones	ENE (*)	EED
1970-1980	19,2%	6,8%	-11,9%	39,2%	5,5%	12,3%
1980-1990	3,3%	2,6%	-9,4%	4,1%	3,5%	-1,6%
1990-1998	4,5%	3,4%	22,2%	5,3%	5,0%	7,4%
1970-1998	6,2%	4,1%	-3,0%	9,2%	4,0%	5,1%

Nota: Las tasas de crecimiento fueron calculadas utilizando regresiones exponenciales.
 (*) Corresponde a los períodos de 1972-1980 y 1972-1998.
 Fuente: OLADE-SIEE (1999)

Consumo de energía exosomática

A nivel regional

A nivel regional, existe también una tendencia hacia la disminución de la participación de la leña en la demanda final (al igual que en la producción de energía primaria). Los casos más notables entre 1970 y 1997 fueron Brasil (54% a 16%), Ecuador (53% a 18%) y México (23% a 10%), como se enseña en la tabla 6.

A nivel de país- combinación de variables intensivas y extensivas

- Cambios en el consumo de energía exosomática por año

La *producción total exosomática* (PTE) consumida en un país representa el *flujo de energía exosomática* relacionada con un metabolismo social dado, expresado en un valor referencial (ej. joule por año). El uso de *energía exosomática total* (o PTE) en 1970 fue de 88 PJ (PentaJoule = 10^{15} Joules). En 1998, esto aumentó a 274 PJ.

El consumo de energía creció sustancialmente durante la mayor parte de los 70 (a una tasa promedio de aproximadamente 7% por año). La tendencia acelerada reflejó: (1) la vigorosa expansión económica; y (2) el bajo precio de los combustibles y de la electricidad en términos reales. El crecimiento anual del consumo de energía disminuyó a una tasa promedio de 2.6% entre 1980 y 1990.

Análisis integrado de la energía

Tabla 6
Demanda de energía final en algunos países de América Latina
como porcentaje del consumo de energía final y 10³ boe

País/Año	Biomasa	Electricidad	Petróleo (*)	Gas natural	Carbón	Otros (**)	Total	
							%	10 ³ boe
Argentina								
1970	3,7	7,4	67,6		1,9	19,4	100	159.490
1997	2,4	13,3	43,8		0,5	40,0	100	293.330
Bolivia								
1970	24,1	8,3	67,2		0,4	0,0	100	5.770
1997	23,4	8,8	52,2	12,1	0,1	3,4	100	21.805
Brasil								
1970	54,3	5,7	36,3	0,0	2,9	0,9	100	422.189
1997	16,4	19,4	52,4	2,5	4,9	4,4	100	994.357
Chile								
1970	19,0	7,2	52,3	0,0	8,2	13,3	100	54.936
1997	20,2	14,6	57,7	1,3	2,8	3,3	100	124.336
Ecuador								
1970	53,3	3,2	43,5				100	15.226
1997	17,5	9,7	72,9				100	47.835
México								
1970	22,7	5,5	51,5	8,8	0,0	11,5	100	258.406
1997	9,9	10,1	58,8	2,1	0,0	19,2	100	779.212
Venezuela								
1970	0,1	8,4	63,0	25,6	0,4	2,5	100	66.865
1997	0,0	14,3	49,1	35,7	0,9	0,0	100	260.960
América Latina y el Caribe								
1970	34,8	5,9	47,7	3,2	2,5	6,0	100	1.313.298
1997	15,2	14,0	52,1	5,4	2,6	10,5	100	3.157.396

(*) Incluye GLP, gasolina, kerosén, diesel y petróleo en forma de combustible.
(**) Incluye fuentes geotérmicas, gases y nucleares.
Fuente: OLADE-SIEE (1999)

La tendencia al rezago, comparada con la década anterior, fue producto de la crisis económica del país. Durante los 90, por otro lado, el consumo de energía creció de nuevo de una manera rápida y sostenida (a una tasa anual de 3.4%). Durante el período de 1970 a 1998, el consumo de energía se expandió a una tasa promedio de 4.1% al año.

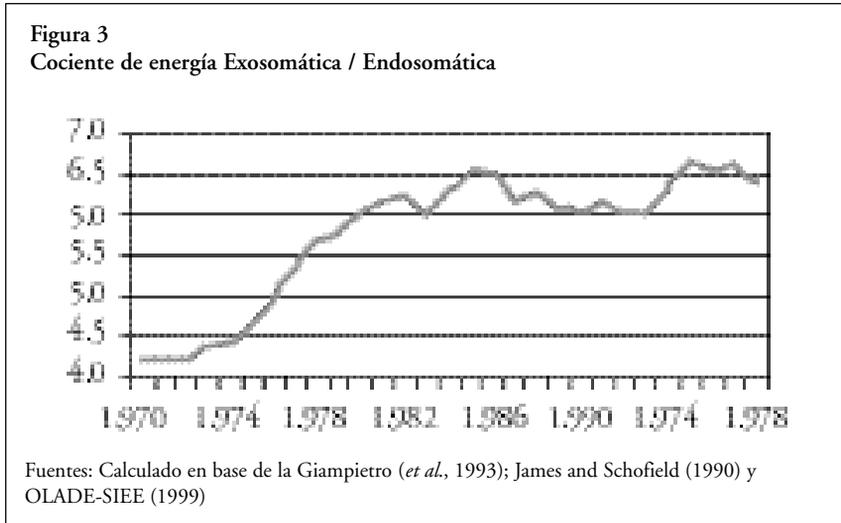
- Cociente exo/endo

La idea de *consumo exosomático y endosomático* se explica bien en el siguiente párrafo:

“Georgescu-Roegen atribuyó correctamente a Lotka la diferencia entre los instrumentos endosomáticos y exosomáticos para el consumo o uso de energía, una herramienta básica para el análisis de la ecología humana. Los humanos poseen instrucciones genéticas con respecto al consumo endosomático, pero no con respecto al uso de energía exosomática. De hecho, lo que se discute en economía ecológica es si la elasticidad-ingreso del uso de energía exosomática (y materiales) es mayor que cero e inclusive mayor que la unidad, o si, por el contrario, es posible desligar aumentos en consumo de aumentos en la producción de energía (y material) en la economía, mejorando lo que en la actualidad es frecuentemente denominado “metabolismo industrial” (Guha y Martínez-Alier, 1997: 171-172).

Como resultado, el consumo exosomático depende de la economía, política y cultura, y exhibe grandes diferencias entre naciones, regiones, así como entre ricos y pobres. El *cociente de energía exosomática/endosomática* fue de aproximadamente 6/1 en 1998, mientras que en 1970 estuvo cerca de 4/1 en el Ecuador (Figura 3). La mayoría de los países desarrollados poseen un *cociente exolendo* mayor que 30/1 (Giampietro *et al.*, 1993, tabla II: 244). Por ejemplo, Canadá tiene un *cociente exolendo* de 105/1, Estados Unidos de 75/1, Suecia de 67/1 y Australia de 55/1. Algunos países en desarrollo poseen un *cociente exolendo* menor que 6/1.

El *cociente exolendo* fue obtenido al dividir el consumo de energía final total para el flujo de energía endosomática o metabólica, de acuerdo con Giampietro (op. cit.). La energía endosomática fue calculada utilizando datos de masa corporal promedio obtenidos de James y Schofield (1990). La masa corporal promedio del Ecuador fue de aproximadamente 41.2 kg (pesos corporales promedio de específica edad y sexo). Al multiplicar por un factor de conversión de 2.7 vatios por kilogramo, se obtiene que la energía exosomática se encuentra en un rango de 111 vatios por persona. Por otro lado, la energía exosomática fue de 715 vatios por persona en 1998.



- Variable extensiva: población

La población ecuatoriana se ha duplicado desde 1970 a 1998, de 6 millones de habitantes a cerca de 12 millones de habitantes. La población ha crecido, sobre el marco de tiempo analizado, a una tasa promedio de 2.6% al año.

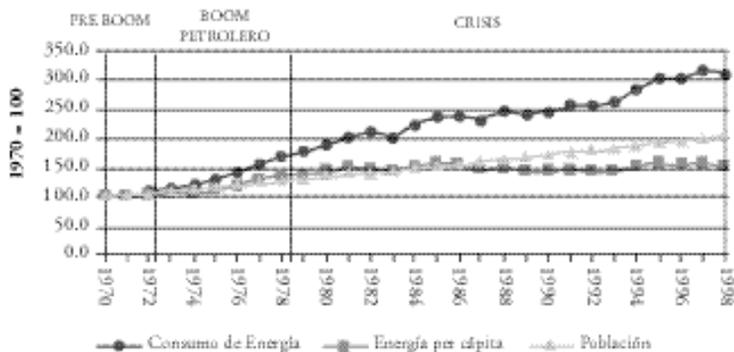
- Variable intensiva: consumo de energía exosomática per cápita

El *consumo de energía exosomática* en 1998 fue de 22.5 GJ por persona, comparado con 14.8 GJ por persona en 1970 (OLADE-SIEE, 1999). A pesar de que el uso de energía total ha crecido extremadamente, el aumento rápido de población ha mantenido el uso de energía per cápita muy bajo comparado con el del mundo desarrollado (calculado en cientos de GJ per cápita).

- Combinación de los efectos de las variables intensivas y extensivas

Entre 1970 y 1998 la tasa de crecimiento poblacional (2.6% por año) ha sido mayor que la tasa de crecimiento del consumo de energía per cápita (1.5% por año). Las fases de la historia económica reciente del Ecuador se indican en la figura 4. Estas son: (1) la fase anterior al boom petrolero, antes de 1972; (2) el boom petrolero, entre 1972 y 1981; y (3) la crisis posterior al boom petrolero, después de 1982.

Figura 4
Índice de los componentes del crecimiento del consumo de energía



Fuente: Calculado de datos obtenidos del CONADE, INEC, CELADE, FNUAP (1993) y OLADE-SIEE (1999)

- Cambios en la composición de las fuentes de energía

A nivel de país, se observa una similitud en América Latina hacia la disminución de la participación de la leña. La tabla 7 y la fig. 5 muestran el uso de cada energía como un porcentaje del consumo total entre 1970 y 1998.

En 1970, la energía renovable, como un porcentaje de la demanda de final de energía, (leña, bagazo, y una estimación de la demanda final de energía eléctrica proveniente de energía hídrica) alcanzó el 55%, mientras que el 45% restante fue energía no renovable (combustibles y una estimación de la demanda final de energía eléctrica proveniente de plantas termoeléctricas que utilizan diesel y combustible). En 1998, la energía renovable fue solamente el 25% del total.

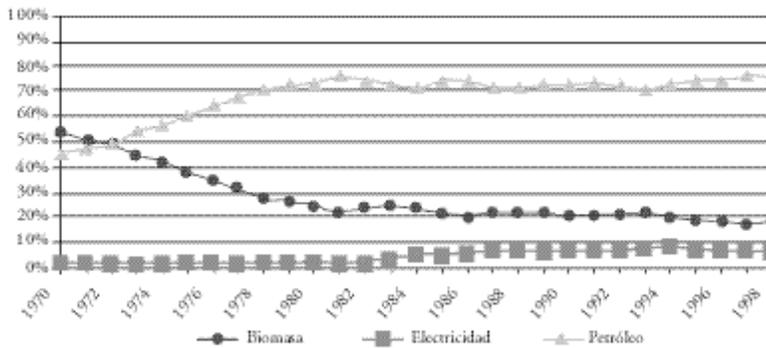
El patrón de la demanda de energía final por fuentes de energía, señala fuertes diferencias entre los períodos analizados, como demuestra la tabla 8. Estas incluyen las siguientes tendencias:

- Desde 1970 hasta 1980, el consumo anual de leña disminuyó 2.7% en los mismos años. La utilización de electricidad se extendió a una tasa promedio de 13.6% por año. El consumo de combustibles de petróleo creció a una tasa anual de 8.2%, donde el uso de gas doméstico (GLP), gasolina y diesel se incrementó en 28.5%, 12.3% y 11.7% por año, respectivamente.
- Entre 1980 y 1990, el consumo de GLP y electricidad aumentó a una tasa promedio de 13.1% y 4.7% al año, respectivamente.

Análisis integrado de la energía

- El consumo de electricidad creció a una tasa anual de 5.8% durante el período de 1990-1998. El GLP continuó creciendo en 7.9% al año, durante el mismo período.

Figura 5
Índice de los componentes del consumo de energía



Fuente: OLADE-SIEE (1999)

Tabla 7
Demanda final de energía por fuentes de energía
10³ barriles de equivalente de petróleo (boe)

Fuente/Año	1970	1980	1990	1998
Leña	7.196	5.657	6.254	6.377
Bagazo	856	1.278	1.421	1.888
Electricidad	483	1.780	2.968	4.719
GLP	52	807	2.997	5.237
Gasolina	2.917	9.358	9.555	10.162
Kerosén	908	2.608	2.143	1.188
Diesel	1.351	4.177	7.515	13.145
Fuel Oil	1.349	2.794	3.845	3.660
No-energéticos	114	406	651	915
Total	15.226	28.865	37.349	47.291
Energía hídrica como % de generación de electricidad. Se utiliza para "corregir" el consumo final de energía eléctrica	45%	34%	83%	66%
Demanda final de energía proveniente de fuentes renovables, como % de la demanda final de energía	55%	26%	28%	25%

Fuente: Calculado a base de información obtenida de OLADE-SIEE (1999)

Tabla 8
Tasas de crecimiento anual de la demanda final de energía
por tipos de energía y períodos (1970-1998)

Períodos	Población	Leña	Bagazo	Electricidad	GLP	Gasolina	Diesel	Fuel-oil	Total
1970-1980	2,9%	-2,7%	4,6%	13,6%	28,5%	12,3%	11,7%	8,2%	6,8%
1980-1990	2,5%	0,9%	2,2%	4,7%	13,1%	0,1%	6,6%	1,3%	2,6%
1990-1998	2,1%	0,5%	3,0%	5,8%	7,9%	0,2%	7,6%	1,3%	3,4%
1970-1998	2,6%	0,2%	2,1%	8,0%	16,1%	3,9%	8,0%	3,4%	4,1%

Nota: Las tasas de crecimiento fueron calculadas utilizando regresiones exponenciales.
Fuente: OLADE-SIEE (1999)

- Nivel sectorial- combinación de variables intensivas y extensivas

Cambios en la composición por sectores

El perfil del gasto de energía exosomática en diferentes sectores se muestra en la tabla 9. El transporte consumió el 40% de toda la energía exosomática en 1998, comparado con un 26% en 1970. El consumo del sector residencial (hogares) ha disminuido de 56% en 1970 a 27% en 1998. La industria consumió el 20% de toda la energía en 1998, contrastado con un 14% en 1970. El consumo de energía en la construcción se ha incrementado de 0.3% a 3.7% durante los mismo años. El 5.4% del consumo de energía total fue utilizado por los sectores agrícola, pesquero y minero en 1998, comparado con un 4% en 1970. El *Balance de Energía del Ecuador*, publicado por el Ministerio de Energía tabula el consumo de energía del sector agrícola y pesquero de manera separada. De acuerdo a esta fuente, en 1998, el 60% del consumo total (14.6 PJ) se utilizó en la pesca y el 40% en la agricultura.

Producción de energía exosomática por sector

El consumo de energía fósil comercial por los sectores agrícola, pesquero y minero aumentó de 3.6 PJ (10^{15} joules) en 1970 a 14.6 PJ en 1998 (OLADE-SIEE, 1999). En términos relativos, el consumo de energía fósil comercial en este sector ha aumentado de 0.6 GJ (10^9 joules) por persona en 1970 a 1.2 GJ por persona en 1998.

Tabla 9
Estructura del consumo de energía por sector y consumo de energía per cápita como % del consumo de energía total y GJ por persona

Año/Sector	Agricultura, pesca y minas	Industrial	Servicios	Hogares	Consumo de energía per cápita GJ
1970	4,0%	14,5%	25,6%	55,9%	14,8
1980	3,3%	26,8%	40,1%	29,8%	21,1
1990	4,5%	21,4%	46,2%	28,0%	21,1
1998	5,4%	20,0%	47,1%	27,4%	22,6

Fuente: OLADE-SIEE, 1999

Analizando las tendencias encontradas al observar el desempeño económico, los sectores de la manufactura, la construcción y los servicios tuvieron un fuerte crecimiento durante el boom petrolero. El sector comercial tuvo un crecimiento vigoroso durante los 80 (9.1% por año), mientras que la construcción disminuyó (en 4.2% por año). Con excepción de la construcción, el consumo de energía en todos los sectores creció durante los 90. En cuanto al sector agrícola, desde 1970 hasta 1980, el consumo de energía creció a una tasa promedio de 5.3% por año. El consumo de energía anual del sector agrícola fue de 6.2% entre 1980 y 1990, a pesar de la recesión económica experimentada en esos años. El crecimiento en el consumo de energía del sector agrícola aumentó de nuevo durante 1990 y 1998, a una tasa promedio del 5.8% al año.

La relación entre energía y economía

¿Se desmaterializa la economía?

La desmaterialización de la economía no está comprobada y además está en entredicho, especialmente cuando se la examina desde el global de materiales y energía utilizados por las economías del Norte o ricas y desde el tipo de indicadores empleados para medirla. La propuesta de la desmaterialización de la economía es apresurada, tiene una carga ideológica muy fuerte, y a pesar de la sofisticación de algunos modelos y técnicas econométricas utilizadas aún no hay una evidencia empírica, o una certeza física concluyente, de este hecho¹⁹.

19 Una versión de esta parte fue publicada en la Revista Ecuador Debate No. 55 (2002).

La desmaterialización se asocia con la noción de que el crecimiento económico, calculado por uno de sus indicadores estándar, el producto interno bruto (PIB) por habitante p.c., provoca una menor presión ambiental o uso de los recursos naturales en el tiempo. Esta relación (los materiales consumidos en toneladas divididos para el PIB p.c.) se conoció como el índice de intensidad de uso. En 1977, Malenbaum introdujo la hipótesis de la intensidad de uso, bajo la cual el ingreso se presenta como la principal razón explicativa para el consumo de materiales (Jackson, 1996; Bunker, 1996). De acuerdo con esta hipótesis, durante el proceso de desarrollo económico, los países incrementan su consumo de energía y de materiales siguiendo el crecimiento en ingreso hasta alcanzar un nivel de ingreso definido. Después de ese nivel, existe una relación inversa entre el crecimiento económico y el consumo de energía y de materiales. La representación de esta relación es la denominada curva de la U-invertida o la curva ambiental de Kuznets²⁰.

Para simplificar esta relación, generalmente se utiliza el decrecimiento de la relación Consumo de energía/PIB real o la intensidad energética²¹ (de ahora en adelante la simplificaremos como E/PIB) como evidencia de que los países ricos están en una etapa de desmaterialización de sus economías, pues estos países requieren menos cantidad de energía para obtener una unidad de valor añadido en términos constantes.

Este acercamiento, relaciona los altos niveles de ingreso con la “des-polución”, en otras palabras, las economías ricas no solo requieren de menos energía para obtener la misma cantidad de energía y de materiales, sino también producen menos contaminación. Así, se supone que, a medida que aumenta el ingreso, en un momento del tiempo supuestamente se emitiría una menor cantidad de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), o se produciría una menor cantidad de basura por habitante en las ciudades. Dicho de otro modo, los ricos son más ecológicos o los pobres son “muy pobres para ser verdes”, tal como sostiene Martínez-Alier (1995).

Los partidarios de la desmaterialización de la economía (especialmente el Banco Mundial a partir en su informe sobre el Desarrollo Mundial en 1992) argumentan en el ámbito conceptual y empírico, que hay una tendencia descendente en el ámbito relativo y absoluto en el uso de materiales y energía a medida que las economías crecen. En esta dirección, se inscriben los llamados a incrementar la eficiencia de materiales y energía por un Factor 4 y un Factor 10, respectivamente, por parte del Wuppertal Institute de Alemania²².

20 Estas curvas tienen su nombre en honor a Simón Kuznets, economista nacido en Ucrania y luego nacionalizado estadounidense, quien obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1971 por sus numerosos trabajos empíricos que aportan a la comprensión de la teoría del crecimiento económico.

21 Este indicador representa la cantidad de energía consumida en la obtención de una unidad de PIB expresado en valor constante.

Para sostener estas afirmaciones, la disminución del cociente de E/PIB a través del tiempo se utiliza frecuentemente como evidencia que los países más ricos se encuentran en una etapa de desmaterialización de sus economías. No obstante, los resultados empíricos de la causalidad en la relación E/PIB se encuentran sometidos a dudas⁵. Cuando se han obtenido resultados significativos, éstos indican una causalidad que va de la producción hacia la demanda de energía, como algunos autores han señalado (Cleveland *et al.*, 1998). Estos autores indican que el uso de índices ajustados a la calidad tienen efectos claros sobre los hallazgos de la prueba de causalidad de Granger, así como sobre los análisis de co-integración. Cuando la energía se mide en equivalentes térmicos, las investigaciones predominantemente han encontrado ya sea que: no existe relación entre la energía y el PIB o que la relación está dada del PIB a la energía.

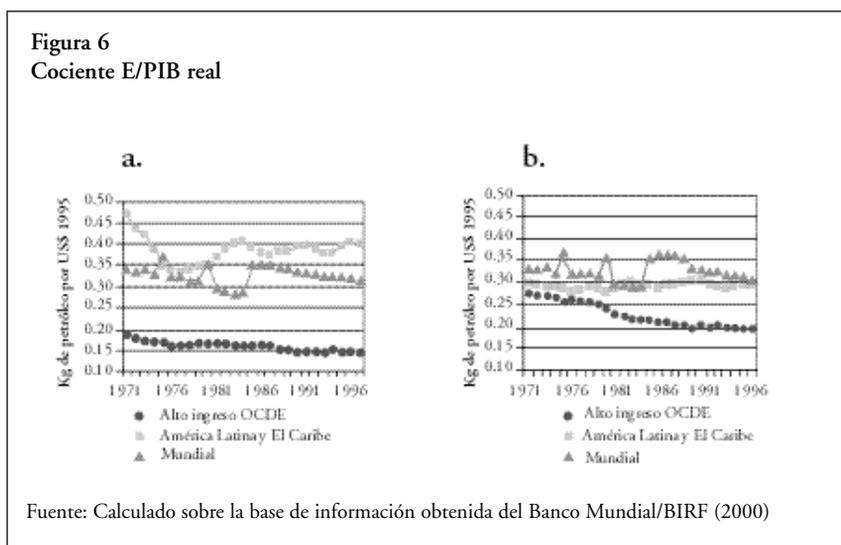
Este argumento es apropiado para examinar la relación E/PIB. Tal como se observa en la figura 6, el cociente de E/PIB de los países del Norte (los de alto ingreso de la OCDE) ha decrecido entre 1971 y 1997. Por otro lado, el cociente de E/PIB de los países del Sur, como América Latina y el Caribe, se ha mantenido constante sobre el mismo período de tiempo (tomando en cuenta el uso de energía comercial, pues la tendencia cambia al utilizar la producción de energía comercial).

El cociente de E/PIB real (usualmente llamado “intensidad de energía”) no se encuentra libre de críticas. Algunos estudios (Kaufmann, 1992; Cleveland *et al.*, 1984, 1998; Hall *et al.*, 1986) indican que, en el caso de los países industrializados, los efectos de los cambios en la calidad de energía (y cambios en los precios energéticos, así como de tipos de bienes y servicios producidos y consumidos) explican la reducción del cociente E/PIB real. El decrecimiento de este cociente en economías industrializadas se ha producido en parte por el cambio de carbón a petróleo, gas y electricidad primaria (hídrica y nuclear), así como también por los cambios producidos en la composición de los combustibles utilizados en la demanda final (gasolina o electricidad utilizada por los hogares), en contraste con la demanda de los sectores intermedios (petróleo o electricidad utilizado por las industrias), o viceversa. Un análisis realizado en Estados Unidos del cociente de combustible/PIB real, muestra que el 71.5% de la variación de

22 El Wuppertal Institute desarrolló extensamente estas ideas en el libro: “Factor Four. Doubling Wealth, Halving Resource Use”, publicado por EARTHSCAN en 1998.

23 Mediante el uso de una técnica estadística conocida como la Prueba de Causalidad de Granger, propuesta por Granger (1969) y difundida por Sims (1972), algunos estudios han examinado si el crecimiento económico se debe al uso de energía o a los precios de ésta, o si el consumo y el precio de energía están determinados por el nivel de producción. La Prueba de Causalidad de Granger utiliza la prueba F para analizar si la información tomada de un intervalo de la variable independiente (Y) proporciona alguna información estadísticamente significativa sobre la variable dependiente (X), en presencia de un intervalo tomado de la variable X . De otra manera, “ Y no es un causante Granger de X .”

este cociente entre 1929 y 1983, pudo haberse dado por los cambios en el tipo de combustible consumido (Cleveland *et al.*, 1984).



El cociente de la fig. 6-a consiste en la producción total de energía primaria (energía comercial en kt. de equivalente de petróleo) dividida para el PIB en términos reales (US\$ 1995). El cociente de la Fig. 6-b consiste del uso de energía final total (energía comercial en kt. de equivalente de petróleo) dividido para el PIB en términos reales (US\$1995).

La energía es usualmente aquilatada al convertir las medidas físicas de diferentes tipos de energía, tal como carbón (ej. toneladas métricas), petróleo (ej. barriles), gas natural (ej. pies cúbicos) y electricidad (ej. kilovatios-hora), a su contenido calórico. Al medir el uso de energía en su equivalente calórico, se pierde importantes distancias entre los diferentes tipos de energía (Kaufmann, 1992). Algunos estudios han demostrado que el petróleo, ha sido de 1.6 a 2.7 veces más productivo que el carbón en la producción industrial. Cleveland *et al.* (1984), utilizando un modelo de regresión del cociente de energía/PIB real en Estados Unidos, encontró que los factores cualitativos del petróleo y la electricidad con relación al carbón fueron de 1.9 y 18.3, respectivamente.

Este argumento es relevante para los países del Sur, y específicamente para el Ecuador, debido a que ha existido una tendencia hacia la disminución de la proporción de la leña (baja calidad de energía) sobre el consumo total de energía exosomática. La leña se consume en fogones abiertos, teniendo una transformación de baja eficiencia. La sustitución de la leña por otros recursos disminuye el cociente de energía/PIB. En el caso de América Latina, al observar el consumo de energía en el sector residencial, en términos de energía útil y tomando en cuenta la ba-

ja eficiencia de la leña (menos del 10%), se observa que la leña representó el 9% del consumo útil total en 1998, mientras que el gas, la electricidad y los productos derivados del petróleo, representaron el 14%, 37% y 40% del total, respectivamente (OLADE, 2000).

Otra razón que explica la aparente desmaterialización, es la posibilidad de que parte de la producción, especialmente de aquella más intensiva en cuanto a energía y recursos, se ha desplazado de los países desarrollados hacia los países en desarrollo. Si este es el caso, nos encontramos frente a una externalización de la rematerialización, la cual es parte de la internacionalización generalizada de las externalidades ambientales (Ramos-Martín, 1999).

De la misma manera, los críticos a la desmaterialización identifican una serie de problemas con este hecho. Por una parte, se demuestra la ausencia de una evidencia empírica, por ejemplo con las mismas variables que autores afines a la desmaterialización, Opschoor y Bruyn (1997) han demostrado empíricamente que algunos países desarrollados han enfrentado fases de rematerialización entre 1984 y 1990 (ej. Japón, España, Reino Unido). En este caso, la producción no ha seguido el patrón de la curva de la U invertida, sino la de una curva en forma de N.

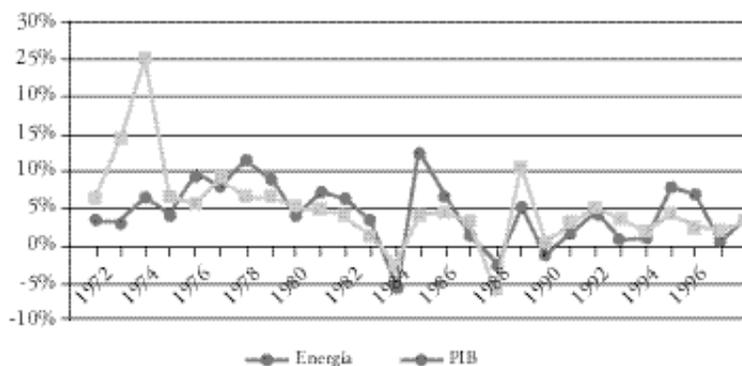
El cociente de energía/PIB real en el Ecuador

El consumo de energía y el PIB se encuentran positivamente correlacionados, en términos estadísticos. La elasticidad PIB-demanda alcanzó 0.69 entre 1970 y 1998. Esta elasticidad indica que el consumo de energía aumenta en 0.69% cuando el PIB en términos reales cambia en un 1%.²⁴ La figura 7 muestra las tasas de crecimiento anual del PIB y del consumo de energía.

24 La elasticidad fue calculada utilizando una regresión con datos de consumo de energía y PIB desde 1970 hasta 1998. La variable dependiente es el consumo de energía final (expresada en barriles de equivalente de petróleo), y la variable independiente es el PIB (expresado en sucres reales de 1975), debido a que se deseaba analizar la elasticidad PIB-demanda. La primera regresión demostró autocorrelación, debido a que el estadístico d , de Durbin-Watson, fue muy inferior a 2. Debido a esto, se realizó una segunda regresión, corrigiendo esta autocorrelación, a través del uso del método Prais-Winsten. Esta es una opción del *paquete estadístico para ciencias sociales* (SPSS). A pesar de que el coeficiente de la pendiente cambia, este es el más apropiado. Los estadígrafos t , F y R^2 muestran una buena regresión, con un ajuste apropiado, así como también se observa que los coeficientes son estadísticamente significativos.

Se puede discutir la aceptación de este modelo, así como la causalidad entre el consumo de energía y el PIB. Por ejemplo, Cleveland *et al.* (1984) encontraron una buena correlación ($r^2= 0.98$) para el PNB = f (uso de combustible), al analizar a los EE.UU. desde 1890 hasta 1982.

Figura 7
Tasa de crecimiento anual de energía y PIB



Fuentes: Calculado sobre la base de información obtenida del Banco Central del Ecuador y OLADE-SIEE (1999)

Entre 1970 y 1980, se dio una disminución de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de PIB real (“intensidad de energía”²⁵). La intensidad de energía total para 1998 alcanzó 14.42 MJ/ US\$ constantes de 1995, la cual fue 14% más baja que el valor obtenido en 1970 (16.85 MJ por cada US\$ constante de 1995).

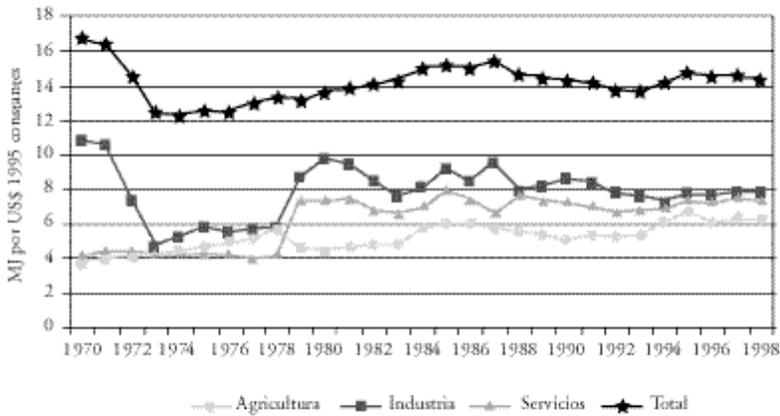
prueba de causalidad de Granger				
Prueba (Valor p)				
Ho (hipótesis nula)	1 intervalo	2 intervalos	3 intervalos	4 intervalos
PIB per capita no es causante Granger del consumo de energía per cápita	6.208 (0.007)	5.53 (0.0066)	3.50 (0.03)	5.80 (0.02)
Consumo de energía per cápita no es causante Granger del PIB per cápita	0.4528 (0.642)	0.526 (0.669)	0.25 (0.9)	1.3826 (0.25)

Se han obtenido los primeros resultados de la causalidad PIB-energía para el Ecuador, utilizando la *prueba de causalidad* de Granger, con datos de 1970 a 1998. Esta prueba confirma que, en términos per cápita, el PIB (US\$ 1995) ocasiona el consumo final de energía (expresado en barriles equivalentes de petróleo). Además, los resultados de 1-4 intervalos, muestran que no se puede rechazar la hipótesis de que “el consumo de energía per cápita, no es un causante de Granger del PIB per cápita”.

25 Lo opuesto de la *intensidad de energía* (E/PIB real) puede ser interpretado como “productividad de energía” (PIB real/E).

Figura 8

Ecuador: Cociente E/PIB real



Fuentes: Calculado sobre la base de información obtenida del Banco Central del Ecuador y OLADE-SIEE (1999)

El cociente de *E/ PIB* real decreció durante los 70, específicamente entre 1970 y 1976. Por el contrario, durante los 80 y 90, este cociente aumentó (ver figura 8).

En el sector industrial (tomando en cuenta tanto el sector de la demanda como el del *PIB*), se dio una intensidad de 7.85 *MJ* por US\$ real en 1998, la que fue más baja que los 10.93 *MJ* por US\$ real obtenidos en 1970.

Por otro lado, la intensidad en los sectores agrícola y de servicios tomó una tendencia opuesta. La agricultura tuvo, en 1998, una intensidad de 6.36 *MJ* por US\$ real, más alta que el 3.91 *MJ* por US\$ real, requeridos en 1970. En el sector de los servicios, hubo una intensidad de 7.45 *MJ* por US\$ real en 1998, superior al 4.24 *MJ* por US\$ real, obtenidos en 1970.

Varias razones explican los patrones del cociente de *E/ PIB* real. Como se mencionó anteriormente, han existido sustituciones a favor de energías que pueden realizar un trabajo más útil por unidad calórica. Esto puede ser medido como la fracción de uso de energía exosomática (medida en unidades calóricas), proveniente del petróleo y la electricidad hídrica – primaria.

La relación entre la fracción de energía exosomática que proviene del petróleo y la electricidad, así como del cociente de *energía/ PIB* real, se espera que sea negativa, pues el petróleo y la electricidad pueden realizar un trabajo más útil por unidad calórica que la leña y la caña de azúcar. Como Kaufmann (1992) señala, la habilidad de realizar más trabajo por unidad producida implica que un aumento en la fracción del uso total de energía proveniente de éstas, debe redu-

cir la cantidad de energía calórica requerida para generar una unidad de producción.

El consumo de leña fue sustituido directamente por gas de uso doméstico (GLP), así como en menor proporción por la electricidad proveniente de plantas hidroeléctricas y térmicas durante los setenta; esto puede explicar la disminución del cociente de E/PIB real durante este período (el cociente cayó a una tasa de -1.8% por año entre 1970 y 1980). Los productos provenientes de petróleo representaron el 73.5% de la demanda final de energía en 1980, comparado con un 43.5% en 1970. En los años 90, la proporción de productos provenientes del petróleo fue casi igual y, en 1998, fue de 75.4% . La participación de las fuentes de energía (tomando en cuenta solamente la energía hídrica como un porcentaje de la generación de energía) en el consumo total de energía exosomática se describe a continuación: en 1970 fue de 1.4% , para incrementarse en 1980 al 2.1% , y finalmente alcanzó un 6.8% en 1998.

En segundo lugar, la fracción de PIB real utilizada en energía por los hogares (este indicador refleja los gastos de los hogares en alquiler, electricidad, gas y agua, como se reporta bajo consumo final por el Banco Central del Ecuador, dividido para el PIB) ha disminuido especialmente durante los años 80, como un resultado de la crisis económica (el consumo de energía creció sustancialmente durante la mayor parte de los 70, para luego disminuir durante los 80, y crecer nuevamente en los 90, de una manera rápida y consistente). Por ejemplo, 6.8% del PIB del Ecuador se destinó al consumo de energía de los hogares durante los 70, comparado con un 6.7% en 1980, 3.5% en 1990, y 3.4% en 1996.

La fracción del PIB consumida en energía por los hogares, así como el cociente de energía/ PIB real se relacionan de una manera positiva. Cleveland *et al.* (1984) encontró que la disminución de la compra de energía por los hogares, medida por la porción del PIB consumida directamente en energía por las familias explica de manera significativa la disminución del *cociente de energía/ PNB real* en los EEUU durante la Segunda Guerra Mundial y el período posterior a 1973.

En tercer lugar, los cambios en los tipos de bienes y servicios producidos también afectan el *cociente de energía/ PIB real*. Muchos analistas argumentan que el cociente de E/PIB real está relacionado positivamente con la fracción del PIB originada en los sectores intensivos en el uso de energía, tales como los sectores minero y manufacturero, y se encuentra relacionado negativamente con la fracción del PIB proveniente de sectores no intensivos en el uso de energía, tales como los servicios (Kaufmann, 1992).

Para la economía ecuatoriana, esta relación no es tan clara. Por ejemplo, el sector manufacturero representó el 17.2% del PIB en 1970 (súcrs constantes de 1975), para aumentar al 18.2% en 1980, y para luego disminuir al 15.5% en

1998. Por otro lado, los sectores petrolero y minero han incrementado su porcentaje, de menos de 1% en 1970, a 10.2% en 1980, y a 13.5% en 1998. Como porcentaje del *PIB*, el sector de los servicios, (excluyendo transporte) ha disminuido del 43.1% en 1970 al 40.3% en 1980, y a 35.6% en 1998. El desempeño del sector transporte se describe a continuación: en 1970 representó el 6% del *PIB*, para aumentar a 6.8% en 1980, y para incrementarse aún más, a 9.2%, en 1998.

Como un porcentaje total del valor agregado de la manufactura (suces constantes de 1975), los sectores manufactureros intensivos en el uso de energía (productos alimenticios, bebidas y tabaco; productos químicos de caucho y plástico; productos minerales no metálicos e industrias metálicas primarias; productos metálicos, maquinaria y equipo) han disminuido su participación entre 1970 y 1998. El 17.2% del valor agregado de la industria manufacturera fue destinado a los sectores manufactureros intensivos en el uso de energía durante 1970, comparado con un 18.2% en 1980, y un 15.5% tanto en 1990 como en 1998.

Los precios reales de la energía también afectan al *cociente de energía/ PIB real*. En teoría, el cociente de E/PIB se encuentra relacionado negativamente con los precios de la energía. La teoría neoclásica indica que un incremento en los precios de energía debe estimular la sustitución y el cambio técnico. Para algunos autores, la sustitución se define como una reducción en el uso de energía que se alcanza al incrementar el uso de uno o más factores de producción, tales como trabajo o capital (Kaufmann, 1992).

Para el Ecuador, la relación de cociente E/PIB real y los precios de energía no corrobora lo expuesto anteriormente. Los precios reales de energía sufrieron una drástica reducción durante el boom petrolero (cuando el *cociente E/PIB real* disminuyó), reflejando las tendencias encontradas al analizar el desempeño económico. Entre 1980 y 1990, los precios del uso doméstico del gas y de la electricidad mantuvieron una disminución en términos reales. Entre 1990 y 1998, a excepción del gas de uso doméstico, el resto de los combustibles y la electricidad mostró una tendencia al alza, como se muestra en la tabla 11. El análisis de los precios de energía será complementado en la siguiente sección.

En resumen, el cociente de E/PIB real decreció en los 70 para luego incrementarse. La principal razón por la cual este cociente disminuyó fue el reemplazo de la leña por productos provenientes del petróleo y la electricidad producida en estaciones hidroeléctricas y termoeléctricas durante los 70.

Tabla 10

**Composición de los subsectores de la industria
como % del valor agregado de la industria**

Año/Ramas	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6-3.7	3.8	3.9	Total
1970	49%	20%	6%	7%	6%	9%	3%	0%	100%
1980	43%	21%	6%	6%	6%	11%	4%	3%	100%
1990	34%	23%	5%	9%	7%	10%	5%	6%	100%
1998	33%	20%	5%	9%	7%	13%	7%	6%	100%

Notas:

3.1: Productos comestibles, bebidas y tabaco.

3.2: Textiles.

3.3: Industrial maderera

3.4: Papel

3.5: Productos plásticos, de caucho y químicos.

3.6-3.7: Industrias no metálicas primarias y productos minerales no metálicos

3.8: Productos metálicos, maquinaria y equipos

3.9: Otras industrias

Fuente: Banco Central del Ecuador

Tabla 11

**Tasas de crecimiento anual de los precios reales de energía por períodos
(1970-1998)**

Períodos	Gas	Fuel oil	Diesel	Gasolina	Electricidad
1970-1980	-12,5%	-12,5%	-12,4%	-12,5%	-5,7%
1980-1990	-15,2%	9,3%	8,5%	5,6%	-6,7%
1990-1998(*)	-2,4%	-4,0%	2,5%	6,6%	4,1%
1970-1998(*)	-9,5%	3,0%	4,3%	3,6%	-3,6%

(*) En el caso de la electricidad, corresponde a 1990-1997 y 1970-1997.

Nota: Los precios de la energía y los salarios fueron deflactados por el cociente de precios al consumidor (septiembre 1994- agosto 1995 = 100)

Fuentes: Calculado sobre la base de información obtenida del Banco Central del Ecuador, 2000 (Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos), y OLADE-SIEE (1999)

Precios y sustitución

De acuerdo con la teoría neoclásica, el precio por cada equivalente calórico de combustible debe ser igual a su producto marginal y representar su valor económico. El producto marginal de un combustible se determina en parte por un conjunto complejo de atributos únicos a cada combustible, tales como escasez física, capacidad para realizar trabajo útil, costo de conversión, densidad de energía, limpieza, capacidad de almacenaje, seguridad, flexibilidad de uso, costo de conversión, entre otros (Cleveland *et al.*, 1998). Si se acepta esta noción, el precio por equivalente calórico varía entre los tipos de combustibles.

También es conveniente examinar los precios relativos de la energía, debido a que esto muestra el producto marginal y proporciona señales sobre la utilidad económica de la energía. Los precios de los combustibles y la electricidad (10⁹ calorías) y los precios relativos con respecto a la electricidad se muestran en la tabla 12. Aparecen tres momentos en la evolución de los precios relativos. Primero, los precios relativos de los combustibles fósiles con respecto a la electricidad mostraron una tendencia a la baja durante los 70; segundo, los precios relativos mostraron una tendencia clara al alza durante los 80, excepto por el gas; tercero, existió una tendencia a la baja, excepto en el caso de la gasolina.

La relación entre el índice de salarios reales (1970= 100) y el índice de precios reales de algunos combustibles (gasolina y gas) se muestra en la figura 9. Las curvas muestran que el precio real de los combustibles y de la electricidad disminuyó durante los 70, mientras los salarios reales crecieron. La disminución de los precios de los combustibles favoreció el uso de combustibles y electricidad con respecto al trabajo. El gráfico presenta las fases más relevantes. (1) la fase anterior al boom petrolero, antes de 1972; (2) el boom relacionado con el petróleo entre 1972 y 1981; (3) la crisis subsiguiente al boom petrolero.

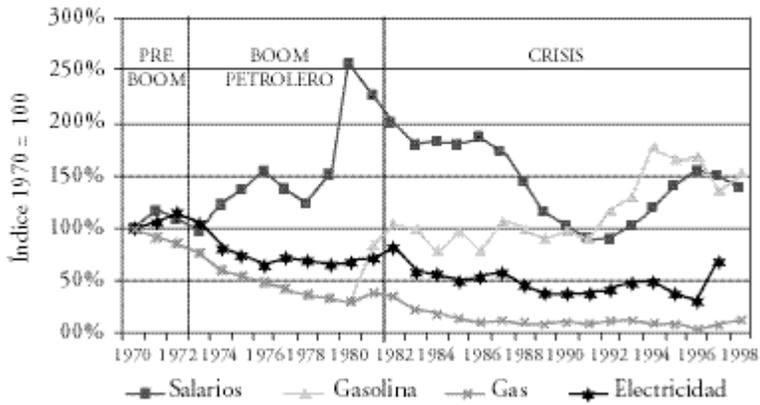
Tabla 12

Precios relativos con respecto a la electricidad

Año	Electricidad	Diesel	Fuel oil	Gasolina	GLP	Diesel	Fuel oil	Gasolina	GLP
	US\$/10 ⁹ calorías					Precio relativo de cada combustible con respecto a la electricidad			
1972	30,7	4,15	2,59	6,49	23,54	0,14	0,08	0,21	0,77
1980	53,03	4,23	2,59	6,49	23,54	0,08	0,05	0,12	0,44
1990	42,68	12,23	9,57	14,78	5,89	0,29	0,22	0,35	0,14
1997	75,24	20,48	9,66	33,32	7,3	0,27	0,13	0,44	0,10

Fuente: Calculado sobre la base de información obtenida de OLADE-SIEE (1999)

Figura 9
Índice de salarios y precios de combustibles y electricidad
En términos reales



Fuentes: Calculado de datos obtenidos del Banco Central de Ecuador, 2000 (Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos) y OLADE-SIEE (1999)

Durante los años ochenta (1980-1990), la tendencia histórica cambió: los salarios reales cayeron drásticamente durante este período (-7.6% por año). En 1980, los salarios mensuales promedio alcanzaron los 590 mil sucres reales; para 1990, estos habían caído a 237 mil sucres reales. Los precios reales de los combustibles y de la electricidad fueron erráticos durante este período. Efectivamente, los precios reales del gas de uso doméstico (sucres reales por barril) y de la electricidad (sucres reales por Kwh) cayeron a una tasa promedio de 15.2% y 6.7% al año, durante 1980 y 1990, respectivamente. Los precios reales de combustibles provenientes de fuel oil, diesel y gasolina aumentaron durante el mismo período.

Entre 1990 y 1998, los salarios reales se incrementaron (6.9% por año). Sin embargo, en 1998, los salarios reales fueron mucho más bajos que aquellos de 18 años atrás. Los precios reales del GLP y fuel oil disminuyeron, mientras que los precios reales de la gasolina y el diesel se elevaron durante los mismos años.

La capacidad adquisitiva de los salarios en términos de combustibles y electricidad (el promedio de los salarios reales mensuales, dividido para los precios reales de los combustibles) aumentó durante los 70. Sin embargo, desde 1980, la capacidad adquisitiva de los salarios en términos energéticos ha disminuido, con la excepción del gas para uso doméstico. Esto refleja un deterioro en las condiciones sociales, como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13
Capacidad adquisitiva del promedio de los salarios reales mensuales, en términos energéticos
Promedio de los salarios reales mensuales, dividido para los precios reales de combustibles y electricidad.

Año	Gasolina barriles	Diesel barriles	Fuel oil barriles	GLP m ³	Electricidad Kwh
1970	337	464	720	19	117.105
1980	2.860	3.870	6.112	159	442.889
1990	357	380	471	180	332.154
1997	372	533	1.095	341	253.158

Nota: Los precios de la energía y de los salarios mensuales fueron deflactados por el Índice de Precios al Consumidor (septiembre 1994- agosto 1995= 100)
 Fuentes: Calculado sobre la base de información obtenida del Banco Central del Ecuador, 2000 (Ministerio de Trabajo y Recursos Humanos) y OLADE-SIEE (1999)

Emisiones de CO₂ y energía

Evolución de las emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ provenientes de las actividades del sector energético del país durante 1998 fueron aproximadamente de 23.4 x 10⁶ toneladas, comparado con 7.4 x 10⁶ toneladas en 1970, lo que significó un aumento del 3.6% anual²⁴.

Durante 1998, las emisiones totales de CO₂ fueron de 1,926 Kg por persona, comparado con 1,243 Kg por persona en 1970. Las emisiones de CO₂ per cápita crecieron a una tasa promedio de 1% entre 1970 y 1980.

24 Multiplicando el consumo total de energía de cada energía (petróleo, gas natural, carbón, leña, pulpa de caña de azúcar, GLP, gasolina, keroseno, diesel, fuel oil) en cada actividad, por un factor de conversión (Fuente: "Evaluación rápida de fuentes de polución de aire, agua y tierra" reportado por OLADE-SIEE en 1999), se obtiene las emisiones totales de CO₂ de cada energía en cada actividad realizada. A continuación se muestran algunas cifras para el sector industrial:

	<i>Kgl boe</i>
	CO ₂
Petróleo	415.63
Gas natural	426.75
Carbón	438.24
Leña	501.23

Tabla 14
Tasas de crecimiento anuales de las emisiones de CO₂
por sectores y períodos (1970-1998)

Períodos / Sectores	Generación de energía eléctrica	Refinería	No. Uso**	Industrial	Residencial y comercial	Transporte	Agricultura pesca, minas y construcción	Total CO ₂	Población	Emisiones de CO ₂ por persona
1970-1980	13,1%	23,2%	22,8%	7,9%	-0,5%	11,3%	14,5%	7,8%	2,9%	5,0%
1980-1990	-11,7%	-12,5%	3,1%	2,4%	1,0%	3,3%	-0,2%	0,4%	2,5%	-2,1%
1990-1998	11,0%	-0,2%	4,0%	2,8%	2,4%	3,2%	2,8%	3,8%	2,1%	1,6%
1970-1998	3,7%	0,7%	6,9%	3,6%	1,2%	5,4%	6,5%	3,6%	2,6%	1,0%

* Generación de energía eléctrica por medio de plantas de diesel y combustible.

** No uso de gas natural (quema de gas).

Nota: Las tasas de crecimiento fueron calculadas por medio de regresiones exponenciales

Fuente: Calculado de datos obtenidos de OLADE-SIEE (1999)

El sector de transporte (33% en 1998) es el sector que proporciona las cantidades más grandes de emisiones, seguido de los sectores residencial y comercial, la generación de energía eléctrica y el sector industrial, los cuales representan el 21%, 13% y 12%, respectivamente. La tabla 14 presenta las tasas de crecimiento anuales de las emisiones de CO₂, por sectores y períodos.

Comparación de emisiones de CO₂ con variables físicas y económicas

La cantidad de emisiones de CO₂ (medidas en Kg) que se ha producido por cada unidad de energía consumida (medidas en boe) se ha incrementado de 489 Kg boe⁻¹ en 1970 a 548 Kg boe⁻¹ en 1980, para luego disminuir a 468 Kg boe⁻¹ en 1990, y finalmente crecer a 496 Kg boe⁻¹ en 1998²⁵. Un incremento de este indicador muestra que un país está utilizando energía más contaminante (ver figura 10).

En cuanto a la relación entre crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono, las emisiones de CO₂ per cápita y PIB per cápita del Ecuador están correlacionadas positivamente en términos estadísticos. La elasticidad de emisiones de CO₂ per cápita-PIB per cápita alcanzó la cifra de 0.77, entre 1970 y 1998. La elasticidad CO₂ per cápita-PIB per cápita indica que las emisiones de CO₂ per cápita aumentan un 0.77%, cuando el PIB per cápita cambió en términos reales en un 1 por ciento²⁶ (ver figura 11).

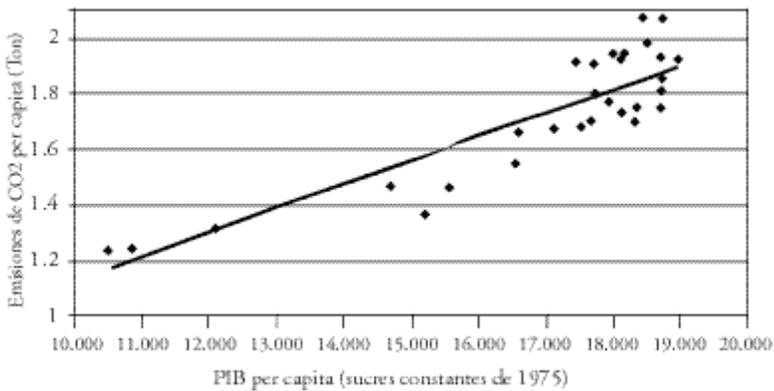
25 Este indicador se obtiene al dividir la tonelada de CO₂ por cada boe consumido. La tonelada de CO₂ es igual a la suma de las toneladas CO₂ emitidas en actividades de consumo (industriales, residenciales, comerciales, servicios, transporte, agricultura, pesca, minas, construcción, entre otros) El boe consumido es igual a la suma de las actividades de consumo.

Figura 10
Indicador de carga ambiental: consumo de Kg CO₂/boe



Fuente: OLADE-SIEE (1999)

Figura 11
PIB per cápita vs. emisiones de CO₂ per cápita



Fuente: Calculado en base a datos obtenidos del Banco Central del Ecuador y OLADE-SIEE (1999)

- 26 La elasticidad fue calculada utilizando una regresión con datos de 1970-1998, de las emisiones de CO₂ per cápita y PIB per cápita (sucres constantes de 1975). La variable dependiente es la emisión de CO₂ (expresado en toneladas), y la variable independiente es el PIB (expresado en sucres reales de 1975). La primera regresión indicaba auto-correlación ($R^2 = 0.8$.) Debido a esto, se realizó una segunda regresión corrigiendo esta auto-correlación, utilizando el método de Prais-Winsten. Los estadígrafos t y F muestran una buena regresión con un ajuste apropiado, así como también se observa que los coeficientes son estadísticamente significativos, pese a que el R^2 es bajo.

Análisis, relaciones y desempeño de los indicadores

La desmaterialización o el supuesto no demostrado ni empírica y tampoco conceptualmente de que los ricos son limpios y que los pobres son contaminadores, rebasa el campo técnico y se convierte en ideología (¿o propaganda?) para defender, garantizar y justificar un determinado concepto de desarrollo y progreso desde una visión absolutamente unilateral.

Si bien algunas emisiones(SO₂) pueden mostrar una curva con forma de U-invertida o la llamada curva de Kuznets, existe una relación directa y creciente entre aumentos en el ingreso por habitante e incidencia de algunos indicadores ambientales (por ejemplo, las emisiones de CO₂ o los kilogramos de basura por habitante producidos en las ciudades).

La relación entre variables físicas y variables económicas dista mucho de ser precisamente un “matrimonio feliz”. Por una parte, subsisten dificultades en la agregación de las unidades físicas y por otro lado, el PIB por habitante, con todas sus debilidades conceptuales, sigue siendo la variable de comparación. Las modificaciones (hacia arriba o hacia abajo) de la intensidad de uso, producto de cambios en la composición del PIB, puede conducir a interpretaciones erróneas.

Si bien en el indicador relativo esto puede ser cierto, no es necesariamente cierto en el indicador absoluto. La llamada paradoja de Jevons²⁷, tratada por algunos autores (Giampietro y Mayumi, 2000), es clave para entender los cuestionamientos a la desmaterialización de la economía.

En este sentido, debe examinarse el volumen global de materiales y energía y su intensidad de uso, así como los flujos de intercambio a una esfera mundial. A esta escala, se pueden producir procesos de “transmaterialización”, producto de los flujos desequilibrados e inequitativos del intercambio internacional, lo que pasa completamente inadvertido al medir la dematerialización como una relación entre variables físicas y monetarias. Esto quiere decir que si bien algunos países del Norte o ricos pueden experimentar una reducción en la intensidad de uso de materiales y energía, puede ser que como consecuencia de la “nueva” división internacional del trabajo, los países del Sur acojan a las industrias más sucias e intensivas en el uso de recursos (Ayres, 1995; Bunker, 1996). Obviamente, esto requiere una mayor investigación en las direcciones de los flujos de materiales y energía a nivel mundial.

27 De acuerdo a los autores, por el incremento de la demanda agregada, el progreso tecnológico no ha reducido el flujo de materiales en la economía. En *The Coal Question* (1865), el inglés William Stanley Jevons examinó la tendencia del consumo futuro del carbón y argumentó contra las predicciones acerca de la posible reducción en el consumo futuro del carbón por efectos del proceso tecnológico. Este autor explicó que hay una adicción humana intrínseca al confort: el incremento en eficiencia en el uso de un recurso conduce al incremento en su uso antes de una reducción, lo cual se conoce como la paradoja de Jevons.

El examen físico abre la posibilidad de entender la desmaterialización como un conflicto distributivo entre los países ricos (o del Norte) y los países pobres, y al interior de los mismos como una complejidad en donde la propiedad- uso y presión de los recursos adquiere una importante dimensión.

De otro lado, al integrar ciertos indicadores energéticos obtenidos a lo largo de este capítulo, se observa que, a pesar de contar con reservas de petróleo y un notable capital biofísico, la evolución energética del Ecuador no presenta mayores disimilitudes respecto al resto de países de la región. Esta integración se simplifica en cuatro indicadores representativos: la razón de exportaciones con importaciones de energía, el uso de energía renovable (como % del total), la “productividad de la energía” ($PIB\ real/E$), es decir lo contrario de la “intensidad de energía” ($E/PIB\ real$), y el consumo residencial per cápita²⁸.

En el caso del Ecuador, la comparación entre las figuras 12 y 13 muestra una clara compensación del desarrollo económico. Entre 1970 y 1998, los indicadores de desempeño económico y tecnológico han mejorado (la razón exportaciones/ importaciones de energía y la productividad de la energía). Esto no se ha visto reflejado en un crecimiento paralelo del indicador social (el consumo residencial per cápita ha decrecido a lo largo del tiempo). El excedente de energía se encuentra acompañado de una reducción dramática de la energía renovable en la demanda (como porcentaje del total).

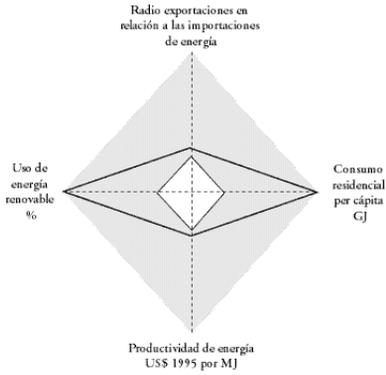
Al comparar con América Latina y El Caribe (ALC) - figura 14 y figura 15- la trayectoria del desarrollo del Ecuador no muestra signos diferentes frente al resto de países de la región.

28 Los indicadores de 1970 a 1998 están estandarizados a valores entre 0 y 1, de la siguiente manera:

$$X \longmapsto \left(\frac{X - X_{MIN}}{X_{MAX} - X_{MIN}} \right)$$

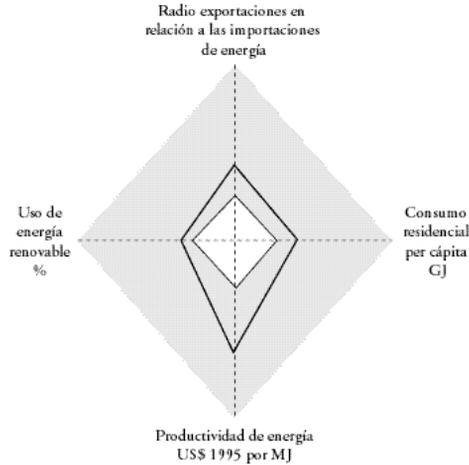
El desempeño de los indicadores debe ser interpretado como: malo, 0; bueno, 1. La interpretación del desempeño de la energía renovable - malo, con menos consumo; bueno, con un mayor consumo - puede ser discutida. Como un principio general, es mejor utilizar energía renovable. Sin embargo, la energía renovable en la forma de leña implica más CO₂ por unidad de barril equivalente de petróleo (boe) consumido, que de energía no renovable como el petróleo. En todas las representaciones gráficas, el valor de 0 corresponde a los límites de rombo interior blanco. El valor de 1 corresponde a los límites del rombo gris de afuera. En las figuras 14 y 15, la línea de borde significa que el indicador de Ecuador y el de América Latina y El Caribe (ALC) son iguales. Si los indicadores de Ecuador son mejores que aquellos de ALC, entonces estos se encuentran sobre la línea de borde.

Figura 12
Representación Integrada Multi Objetivo
de los cambios en el sector energético de Ecuador
Situación en 1970



0 = Mal desempeño de indicadores, 1 = buen desempeño de indicadores.
El valor 0 corresponde a los límites del rombo blanco del interior. El valor 1 corresponde a los límites del rombo gris de afuera.

Figura 13
Representación Integrada Multi Objetivo
de los cambios en el sector energético de Ecuador
Situación en 1998



Análisis integrado de la energía

Figura 14
Representación Integrada Multi Objetivo
Situación en 1970 - Comparación entre Ecuador y América Latina

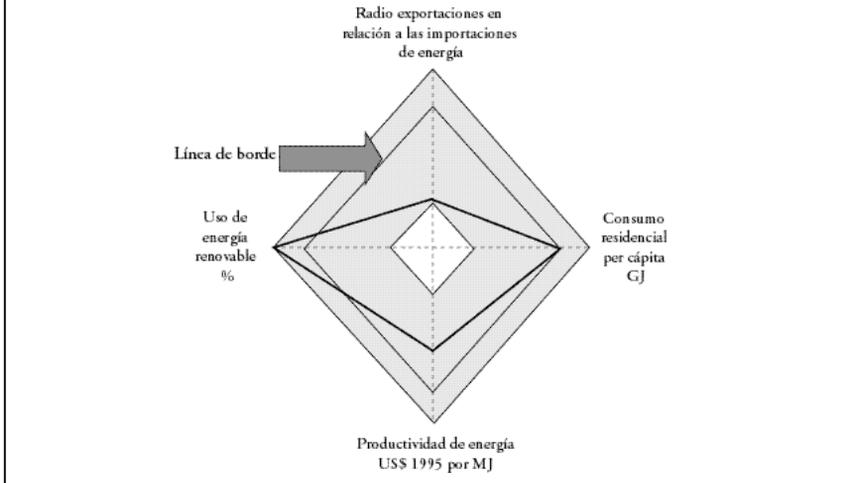
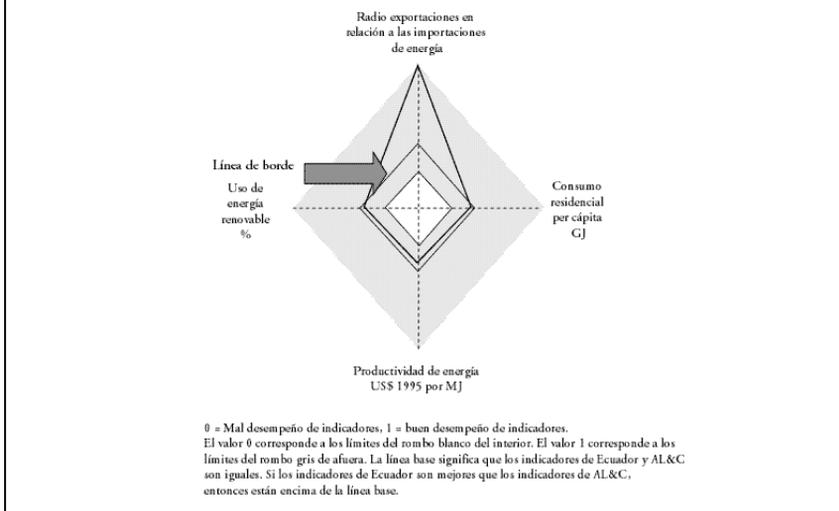


Figura 15
Representación Integrada Multi Objetivo
Situación en 1998 - Comparación entre Ecuador y América Latina



Capítulo III

Evaluación integrada de la historia económica reciente del Ecuador

Este capítulo²⁸ presenta una *Evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* en la historia económica reciente del Ecuador. El análisis del metabolismo social es un acercamiento metodológico que puede ser utilizado para organizar análisis biofísicos, los cuales son capaces de proporcionar representaciones no equivalentes de los efectos y cambios relacionados con los procesos socioeconómicos. De esta manera, la información proporcionada por estos estudios biofísicos puede ser utilizada para complementar, de manera útil, los análisis económicos, al dar información sobre otras dimensiones y escalas de sostenibilidad no “vistas” por las variables de mercado (Giampietro y Mayumi, 2000a).

Análisis energéticos anteriores (Cleveland *et al.*, 1984; Hall *et al.*, 1986; Gever *et al.* 1991; Kaufmann, 1992)., indican una relación clara (teórica y empírica) entre los siguientes puntos: (1) la cantidad de energía exosomática utilizada en las actividades económicas por hora de trabajo (denominada el nivel de capitalización²⁹ de la sección en la cual la actividad humana se realiza, ver Giampietro y Mayumi, 2000a); (2) la cantidad de valor agregado, generado por las actividades económicas producidas por cada hora de trabajo (llamado aquí *productividad económica del trabajo* – PEL). De acuerdo con esta hipótesis, si se grafican los cambios en PEL y la cantidad de energía exosomática utilizada en actividades por hora de trabajo sobre la misma sección (ej. dentro del *trabajo remunerado* – TR), durante un período de tiempo igual, se observan curvas muy similares. Esto es lo que Cleveland *et al.* (1984) encontró en un trabajo publicado en *Science*, cuando analizaba a los EE.UU., y fue confirmado por medio de estudios

28 Este capítulo, con algunos ajustes, fue publicado como: Falconí-Benítez, F. 2001. “Integrated Assessment of the Recent Economic History of Ecuador.” *Population and environment*, 22(3): 257-280.

29 En términos económicos, el concepto de capital está relacionado con la noción de un stock que rinde un flujo de bienes y servicios útiles. Como Daly (1992) indica, generalmente, el capital ha sido definido como un medio de producción al que se denomina capital realizado por los humanos, el cual es distinto del capital natural que, si bien no es hecho por los humanos, es funcionalmente un stock proveedor de bienes y servicios útiles.

sucesivos de la economía norteamericana. Este capítulo estudia las implicaciones teóricas y empíricas con relación a la economía ecuatoriana.

El texto presenta primero una narrativa de las fases más relevantes de la historia económica del Ecuador: (1) una economía orientada hacia la exportación de “un solo producto”; (2) una industrialización basada en la sustitución de importaciones empujada por el boom petrolero; (3) la situación crítica actual. Los cambios han sido descritos utilizando variables económicas y biofísicas (tanto extensivas como intensivas en cuanto a diferentes niveles de jerarquía); por tanto, se aplica el concepto de “*sostenibilidad fuerte*”. Estas dos lecturas paralelas son combinadas al final, en la sección de conclusiones.

De acuerdo con este análisis integrado, la crisis experimentada, posterior al boom petrolero, puede ser vista como generada por dos factores: (1) la necesidad de una rápida capitalización, durante la década de 1970, para así tomar una ventaja del petróleo, lo cual indujo a una importante crisis durante la siguiente década. (2) el rápido crecimiento de la población iniciado en los sesentas y consolidado en los setentas, debido a mejores condiciones económicas. Como una consecuencia de este hecho, el servicio de la deuda, entre otros factores, redujo la velocidad a la cual el país podía capitalizar los sectores económicos, al mismo tiempo que la tasa de crecimiento de la potencial fuerza de trabajo que entraba al mercado laboral llegaba ya a su pico.

Las implicaciones para el sector de los hogares fueron: (1) la nueva fuerza de trabajo no pudo encontrar trabajos bien remunerados. (2) La fracción del *flujo exosomático total* (FET) disponible para el consumo en el *sector de los hogares* (HH) era “demasiado baja” para al menos mantener el status quo (para preservar estable la *tasa del metabolismo exosomático de los hogares*, TME_{HH}) frente a una alta tasa de crecimiento demográfico. El FET consumido en un país representa el flujo de energía exosomática relacionado con un metabolismo social dado, expresado en un valor de referencia (joules por año).

Desde una perspectiva biofísica, el término capital está asociado con la idea de stock de información útil (la que requiere la inversión previa en energía útil para ser almacenada). Dentro de este contexto, conceptos tales como “valor” y “capital” deben relacionarse con la suma de “energía útil” e “información útil” (y no solamente con la energía).

Alternativamente, cuando se produce energía, tierra y recursos minerales son requeridos. Estas cantidades dependen del límite elegido (en una escala de espacio-tiempo). Una vez que el límite esté definido de una manera significativa, se pueden calcular las cantidades. Sin embargo, debido a que estos insumos pueden tener efectos ambientales dañinos, se necesita una matriz general para explicar todos (o algunos) flujos tanto desde el lado del producto como del insumo. Para el capital, se necesitan dos tipos de contabilizaciones: todos los flujos que forman parte de una forma particular de capital, y todos los flujos que mantienen la estructura material y el funcionamiento de este capital.

Fases de la historia económica reciente del Ecuador. Narrativa

Este capítulo se centra en los cambios registrados a partir de los años 70 relacionados con el boom petrolero. El país súbitamente tuvo un excedente energético, que fue el empuje para el repentino crecimiento económico durante la década de 1970. Para poder tomar ventaja de esta oportunidad, el Ecuador enfrentó una gran demanda de inversiones. Este tema se discutirá después, utilizando el marco de la evaluación integrada del metabolismo social, a fin de llegar a posibles explicaciones, así como conexiones entre eventos descritos en esta sección. Dentro de esta narrativa histórica, es preciso situar dos efectos secundarios acontecidos después del boom petrolero: (1) Una crisis de la deuda externa en 1982, relacionada con el declive de la industrialización basada en la sustitución de importaciones; (2) un crecimiento poblacional.

El resultado combinado de estos dos efectos secundarios fue un período caracterizado por la recesión y el empobrecimiento durante la década de los 80. Luego de esto, en el comienzo de los 90, las condiciones relativamente favorables del sistema financiero internacional y el boom de las exportaciones (especialmente de flores, camarones y frutas tropicales) generaron un mejoramiento en términos de estabilización y pobreza. Con todo, esta etapa de relativa prosperidad terminó con una nueva recesión ocasionada por la reciente crisis financiera (Páez, 2000).

Observación de las fases históricas desde una perspectiva económica

En el ámbito del país: la combinación de variables intensivas y extensivas

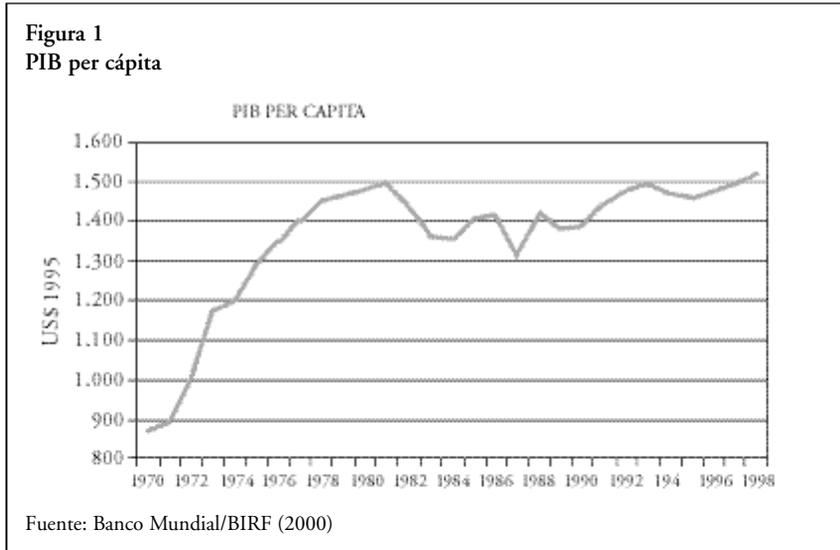
- Cambios en el PIB anual

En 1970, el PIB fue de 62,912 millones (sucres constantes de 1975), y subió a 227,678 en 1998 y 228,252 en el 2001, de acuerdo con datos del Banco Central. La tasa de crecimiento anual del PIB entre 1970 y el 2001 fue de 3.5%. Este aumento reflejó cambios en una variable intensiva, “producto interno bruto por persona” y en una variable extensiva, “tamaño de la población”.

- Variable intensiva: producción económica por persona

El producto interno bruto por persona fue de 10,538 (sucres constantes de 1975) en 1970, de 18,700 en 1998 y de 17,722 en el 2001 (ver figura 1). El PIB

per cápita creció a una tasa anual del 1% entre 1970 y el 2001. En 1998, el valor del *PNB* por persona del Ecuador fue veinte veces más pequeño en relación a países desarrollados, tales como Japón o los Estados Unidos. (Banco Mundial / BIRF,2000).



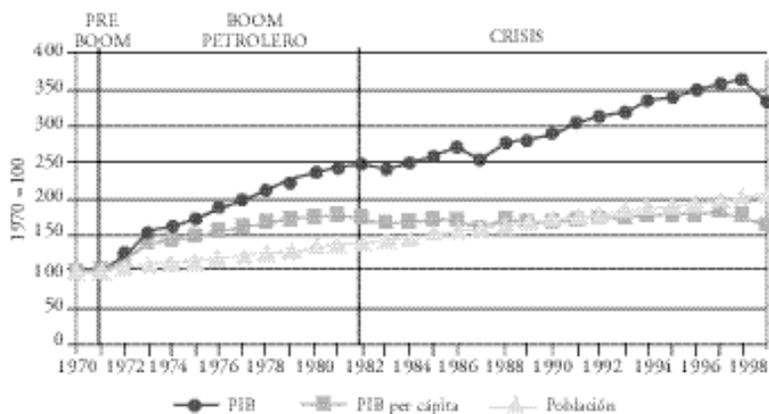
- *Variables extensivas: población (AHT)*

La población aumentó a una tasa promedio anual de 2.5% entre 1970 y 2001. Según los reportes del VI Censo de Población y V de Vivienda realizado en el año 2001, la población ecuatoriana ascendió a 12,2 millones de personas (INEC, 2002). Los datos censales indican que la población total se incrementó en 2.96% anual entre 1950-1962, 3.10% en el período 1962-1974, 2.62% entre los años 1974-1982, 2.19% entre 1982 y 1990, y 2.05% en el período 1990-2001 (INEC, 2002).

- *Combinación de los efectos de las variables intensivas y extensivas*

Durante 1970 y 1998, la tasa de crecimiento poblacional (2.6% anual) ha sido más del doble que la tasa de crecimiento del *PIB* por persona (1.4% anual). Las fases descritas en la parte narrativa son indicadas en la figura 2. Estas son: (1) el pre-boom petrolero, antes de 1972; (2) el boom petrolero, entre 1972 y 1981; y (3) la crisis post- petrolera, después de 1982.

Figura 2
Índice de componentes del crecimiento económico



Fuente: Cálculos realizados en base a datos del Banco Central del Ecuador

- Cambios en la productividad económica laboral anual (PEL_{AS})

La *productividad económica laboral* – definida como un valor promedio para una sociedad (PEL_{AS}) – es el valor de la producción final de bienes y servicios de un país en un año, estimado en términos de valores añadidos totales, divididos por las horas de trabajo realizadas por su población económicamente activa. La PEL_{AS} evalúa la productividad promedio de los trabajadores de un país, reflejando la disponibilidad de capital, tecnología, recursos naturales y el “saber cómo hacer las cosas” (ver tabla 1).

Para calcular los valores de PEL_{AS} , se deben tener datos sobre el *PIB* (presentados en la sección anterior) así como datos sobre la oferta de trabajo. La oferta de trabajo es proporcional al: (1) tamaño de la población económicamente activa (PEA = personas con capacidad física, en edad de trabajo); (2) desempleo; y (3) la carga anual de trabajo de la fuerza laboral.

La fuerza laboral ecuatoriana se ha incrementado de 1,9 millones de adultos en 1970 a 4,6 millones en 1998 (Banco Mundial, 2000), con una tasa de crecimiento promedio anual de 3.2% durante este período. La tasa de desempleo fue de 6,1% del total de la PEA en 1990, 11,5% en 1998, y 9% en el año 2000 (SIISE, versión 2.5, 2002). Las encuestas urbanas de empleo y desempleo que elabora el INEC tienen una serie cronológica disponible entre 1988-200, por tanto se asumió una tasa fija de desempleo de 5% antes de esos años. La “carga

Tabla 1				
Cambios en la oferta de trabajo				
	1970	1980	1990	1998
Población total, 10 ⁶	6,0	8,0	10,3	12,2
Fuerza laboral total, 10 ⁶	1,9	2,5	3,6	4,6
Fuerza laboral en la agricultura, 10 ⁶	1,0	1,0	1,2	1,3
Desempleo total (% total fuerza de trabajo)	5%	5%	6,1%	11,5%
Fuerza laboral empleada, 10 ⁶	1,8	2,4	3,4	4,1
Asignación de la Actividad Humana				
Total actividad humana, 10 ⁹ horas	52,5	69,7	89,9	106,7
Oferta de tiempo trabajado, 10 ⁹ horas	3,3	4,4	6,1	7,4
Tiempo trabajado, 10 ⁹ horas	49,2	65,4	83,8	99,3
Oferta de tiempo trabajado (%)	6%	6%	7%	7%
Tiempo no trabajado (%)	94%	94%	93%	93%
Notas: Las series anuales de la fuerza de trabajo de los sectores no- agrícolas para 1991 y 1998 fueron obtenidas mediante la extrapolación de tendencias anteriores. Para los demás supuestos, ver el texto. Fuentes: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Ministerio de Trabajo, Instituto Nacional de Empleo (INEM), Banco Mundial/ BIRD 2000				

de trabajo anual” ha sido calculada utilizando un valor fijo de 1,800 horas/año, por trabajador, para todos los sectores económicos. (Para un mayor análisis de este supuesto, ver Giampietro y Mayumi, 2000*b*).

Los cambios resultantes en PEL_{AS} se describen a continuación: en 1970, la PEL_{AS} fue de 1,6 US\$(constante 1995)/hora y creció en 1980 a 2,8 US\$/hora, para luego disminuir en 1998 a 2,6 US\$/hora. Por lo tanto, el Ecuador experimentó una tasa de crecimiento promedio anual de PEL_{AS} positiva en el período 1970-1998 (+0,9%). Esta tendencia positiva refleja la fuerte expansión económica de la década de los 70. Al ser analizada durante los últimos 18 años, la PEL_{AS} mostró una tendencia negativa fruto de la crisis económica.

En el ámbito sectorial – combinación de variables extensivas e intensivas

- Sector de los hogares (HH): Cambios en las tipologías del HH

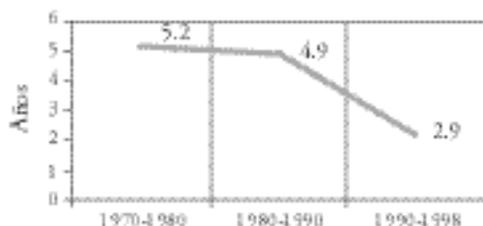
Las estadísticas del censo nacional muestran un proceso de urbanización rápido desde 1950, cuando la población urbana representó el 29% de la población to-

tal. En 1974 aumentó al 41%, en 1982 al 49%, en 1990 al 55% y en el año 2001 al 61% (INEC, 2002). El crecimiento de Guayaquil, la ciudad más grande del Ecuador, durante 1970-1980 fue de 4.6%, más alto que el incremento poblacional de Sao Paulo (4.4%), y Ciudad de México (4,2%) (CEPAL, 1999).

En 1990, la tasa global de fecundidad (número esperado de hijos) del sector rural fue del 5,4%, más alta que la tasa de fecundidad de la población urbana (3.2%). La tasa de natalidad urbana (numero de nacimientos por cada mil habitantes), debido al flujo migratorio, fue de 29/1000. Un valor más alto que el de la tasa de natalidad de la población rural (24/1000). En 1990, la esperanza de vida al nacer en la población urbana fue de 69 años, más alta que la esperanza de vida al nacer de la población rural (61 años) (SII-SE, Censo Nacional 1990, versión 2.5, 2002).

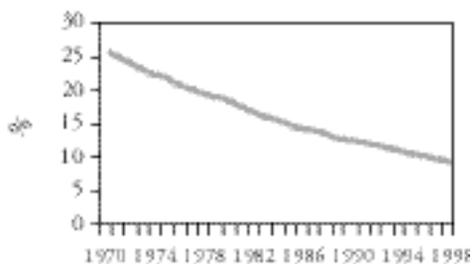
En 1999, las encuestas de condiciones de vida señalaron que la tasa de analfabetismo urbana (% de personas de 15 años y mayores) fue del 5.6%, comparado con un 19.2% de la población rural (la tasa de analfabetismo es mayor en la población femenina que en la masculina, tanto en el sector urbano como en el rural). Ver SIISE (2002), en base de encuestas de condiciones de vida (ECV)-INEC, 1999. Las figuras 3 y 4 señalan el aumento de la esperanza de vida al nacer por períodos y la tasa de analfabetismo por año, respectivamente, en el ámbito nacional. (Datos del Banco Mundial/BIRF, 2000).

Figura 3
Crecimiento de la esperanza de vida al nacer en las últimas décadas



Fuente: Banco Mundial, BIRF (2000)

Figura 4
Tasa de analfabetismo



Fuente: Banco Mundial, BIRF (2000)

Fig. 3 muestra la esperanza de vida al nacer, y la figura 4 la tasa de analfabetismo. La esperanza de vida al nacer ha aumentado a través del tiempo, pero el crecimiento por década ha sido más lento. La tasa de alfabetismo ha crecido substancialmente entre 1970 y 1998. Estos dos indicadores ocultan asimetrías profundas entre la población urbana y rural, masculina y femenina, así como entre grupos étnicos.

- Sectores que producen “valor agregado”: Cambios en los SP (sectores productivos) y SG (servicios y gobierno)

- Cambios en el PIB por sector

La preponderancia relativa del sector industrial se ha incrementado equilibradamente a expensas de la agricultura (ver tabla 2). En 1970 el sector agrícola representó el 25% del PIB en términos reales (suces constantes de 1975). Este bajó a 17% en 1998 (Banco Central del Ecuador, 2000). El sector de servicios también disminuyó su importancia relativa durante los últimos 28 años, del 49% al 45%. La proporción del sector industrial en el PIB ha aumentado: En 1970 fue del 21%, y se elevó al 33% en 1998. Los datos del año 2001 y proyecciones del 2002 indican que la estructura sectorial no se ha modificado notoriamente con respecto a 1998.

Sector/ Año	1970	1980	1990	1998
Agricultura, caza, silvicultura y pesca	25,0%	14,4%	17,7%	17,3%
Industrial	20,5%	33,8%	31,7%	33,0%
Servicios	49,1%	47,1%	46,7%	44,9%
Otros elementos del PIB	5,4%	4,8%	3,9%	4,9%
Total PIB 10 ⁶ suces constantes de 1975	62.912	147.622	181.531	227.678

Nota: Para definir los sectores económicos se utilizó la Clasificación Uniforme Industrial Internacional de Naciones Unidas. De acuerdo a esta clasificación, la economía tiene tres sectores principales: (1) Sector agrícola, ganadero y agropecuario, (2) Sector industrial (petróleo y minería, manufactura, electricidad, gas, agua y construcción), (3) Sector servicios.

La producción per cápita de los sectores manufactureros, de construcción y de servicios tuvo un fuerte crecimiento durante el boom petrolero (ver tabla 3). Por el contrario, la producción agrícola per cápita dirigida hacia el mercado interno permaneció estancada. Durante la crisis, la producción agrícola orientada hacia el mercado externo creció a una tasa relativamente alta (2,8% anual). Posteriormente, entre 1990 y 1998, las tasas anuales de crecimiento de la producción per cápita de casi todos los sectores económicos fueron bajas o negativas.

Tabla 3
Producción per cápita por sectores económicos y por períodos: 1970-1998
Tasas de crecimiento anual

Sector/ Períodos	1970-1980	1980-1990	1990-1998	1970-1998
Agricultura total (1)	-0,1%	1,8%	0,4%	0,9%
Agricultura orientada hacia el mercado interno (2)	-0,9%	1,3%	0,5%	0,4%
Agricultura dirigida hacia la exportación (3)	1,6%	2,8%	0,3%	1,9%
Manufactura	7,1%	-2,6%	0,9%	1,0%
Construcción	2,7%	-4,7%	-1,2%	-2,5%
Comercial y transporte	6,3%	-0,5%	1,1%	1,8%
Servicios	5,5%	-1,1%	-0,3%	1,0%
PIB	5,9%	-0,6%	0,7%	1,4%

Notas: Las tasas de crecimiento anual fueron calculadas utilizando regresiones exponenciales. La producción sectorial per cápita es el valor en dinero de la producción final de bienes y servicios de una país al año (en sucres reales de 1975), dividido para la población.
(1) Incluye agricultura, ganadería, caza silvicultura y pesca.
(2) Incluye agricultura y ganadería enfocada al consumo interno.
(3) Incluye banano, café, cacao, caza, silvicultura y pesca.
Fuente: Banco Central del Ecuador

- *Variables extensivas: cambios en la oferta de trabajo de los sectores económicos*

El perfil de ubicación de la población económicamente activa (PEA) sobre los diferentes sectores económicos cambió considerablemente entre 1970 y 1990. Las estadísticas sobre la importancia relativa de la agricultura en el total de la PEA muestran un descenso constante desde la década de 1970. En 1970, la agricultura representó el 50.6% del total de la PEA, mientras que proporcionaba solo el 25% del PIB. Esta disminuyó a 38.6% del total de la PEA en 1980, y a 32.7% en 1990. (CEPAL, 1999). El 32.7% de la PEA agrícola generó tan solo el 18% del PIB en 1990. Por otro lado, en el sector de servicios, como un porcentaje total de la PEA, aumentó de 28.9% a 48.3% entre 1970-1990. La participación del sector industrial en el total de la PEA fue casi el mismo: 20.5% en 1970 y 19% en 1990. Sin embargo, este 19% de la oferta de trabajo generó, en 1990, el 32% del PIB. Los datos de las encuestas urbanas de empleo y desempleo indican que en 1998, el 7% de la PEA se encontraba en el sector agropecuario, el 21% en el industrial, el 68% en los servicios, y un 4% no se especi-

có (SIISE, versión 2.5, 2002). Los cambios en la estructura de la PEA por sector económico se aprecian en la tabla 4.

Tabla 4 Estructura de la Población Económicamente Activa (PEA) por sector económico como % de la PEA total				
Sector / Año	Agricultura	Industria	Servicios	Total
1970	50,6	20,5	28,9	100
1980	38,6	19,8	41,6	100
1990	32,7	19,0	48,3	100

Fuente: CEPAL, 1999.

- Variables intensivas: cambios por sector en la productividad económica laboral (PEL)

La figura 5 demuestra que el crecimiento sectorial de la PEL ha sido negativo en los sectores no agrícolas, y positivo en el sector agrícola entre 1970 y 1998. La productividad agrícola aumentó al 2,4% por año durante 1970 y 1998. Esto puede ser explicado fácilmente por su valor inicial tan bajo. Actualmente, la PEL de la agricultura ha permanecido muy por debajo de los valores de la PEL alcanzada por otros sectores económicos- alrededor de un dólar constante de 1995 por hora en 1998 (ver tabla 5). Como es esperado, la PEL del sector industrial es la más alta. Como se discute posteriormente, este es el sector que, además, requiere del nivel más alto de capitalización por trabajador.

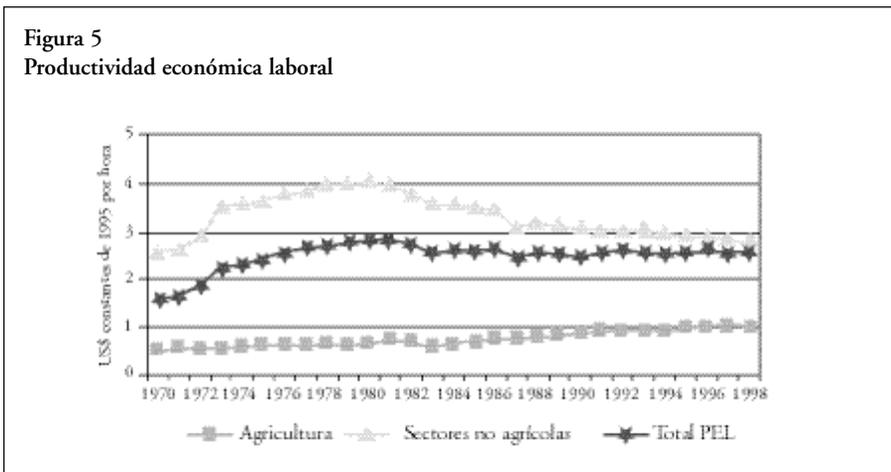


Tabla 5
Productividad Económica Laboral por sectores
US\$ constantes de 1995 por hora

Año / Sector	Sector agricultura	Sectores no agrícola	Total
1970	0,5	2,6	1,6
1980	0,7	4,0	2,8
1990	0,9	3,1	2,5
1998	1,0	2,8	2,6

Fuentes: Banco Central del Ecuador, Ministerio de Trabajo e Instituto Nacional de Empleo (INEM), Banco Mundial/ BIRF 2000.

Análisis de las fases históricas desde una perspectiva biofísica

Variable intensiva en el ámbito del país: tasa de metabolismo exosomático por sector

La *tasa metabólica exosomática de trabajo remunerado* (TME_{TR}) ha aumentado de 27 MJ hr^{-1} en 1970 a 37 MJ hr^{-1} en 1998. La *tasa metabólica exosomática* (TME) es el consumo final de energía de un país durante un año, referido a las actividades incluidas en un sector dado, dividido por las horas de actividad humana gastadas, en el mismo sector. Cuando se trabaja con el *trabajo remunerado*, el consumo final exosomático de este sector debe ser dividido por la fuerza laboral, descontando el desempleo. Para llegar a una estimación por hora también se asume un valor fijo de 1800 horas / año por trabajador.

El Ecuador tuvo una tasa de crecimiento promedio anual positiva de la TME_{TR} durante todo el período de 1970 a 1998 (+1%). Esta tendencia reflejó la fuerte expansión económica de la década de 1970. Entre 1970 y 1998 la TME creció positivamente en la agricultura, y de forma negativa en los sectores no agrícolas. Los valores tomados por el TME_i en el conjunto de sectores considerados se explican en la tabla 6. Los cambios de varios TME_i sobre el período se muestran en la figura 6.

Tabla 6

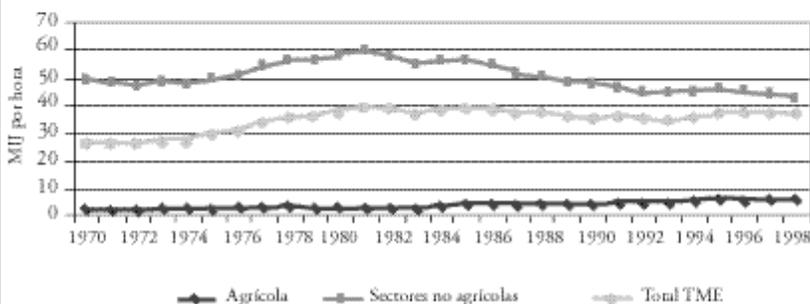
Tasa de metabolismo exosomático por sectores
MJ por horas

Año / Sector	Sector agrícola	Sectores no agrícolas	Total
1970	2,0	50,0	27,1
1980	3,0	58,7	38,5
1990	4,4	48,0	35,7
1998	6,4	42,8	37,2

Fuentes. Ministerio de Trabajo e Instituto Nacional de Empleo (INEM),
OLADE – SIEE (1999), Banco Mundial/ BIRF 2000

Figura 6

Tasa metabólica exosomática



Fuente: Cálculos basados en documentos de OLADE-SIEE (1999), y la información del Banco Mundial/ BIRF (2000)

Específicamente, se encuentran las siguientes tendencias:

- La TME_{AG} (consumo de energía del sector agrícola por hora) se incrementó en 4.8% al año durante 1970 y 1980. Esto corrobora el hecho de que la agricultura experimentó un proceso de capitalización durante los setenta. La tasa de crecimiento promedio del TME_{AG} durante la década de los 80 y los 90 fue de 4.4% y 5.2%, respectivamente.
- La TME en los sectores no agrícolas aumentó al 2% por año durante los setenta. Como se indicó anteriormente, la economía entró en recesión en 1982, y la TME en los sectores no agrícolas experimentó un crecimiento anual negativo a través de lo ochenta de -2.1%. Durante los noventa la misma tendencia es notoria, (-0.9% como tasa de crecimiento anual).

A pesar de estas tendencias contrastantes, el valor absoluto de la tasa metabólica exosomática de los sectores productivos, TME_{SP} (manufactura y construcción) ha permanecido siempre más alta que la TME_{AG} .

Sector de los hogares

- Cambios de tipología en el sector de los hogares

Durante las tres décadas pasadas, las fuentes de energía consumidas por los hogares han cambiado drásticamente. El porcentaje de energía proporcionado por el gas de uso doméstico aumentó del 1% de toda la energía consumida en 1970, al 37% en 1997. Por otro lado, la energía proporcionada por leña disminuyó del 85% en 1970, al 47% en 1997. (Algunas viviendas utilizan ya sea leña o keroseno; otras utilizan ambos). El porcentaje de energía proporcionado por la electricidad proveniente de plantas hidroenergéticas y termales aumentó del 4% al 13%. Finalmente, el porcentaje de energía proporcionado por los demás combustibles (gasolina y keroseno) disminuyó del 10% al 3% durante el mismo período.

Como se señala abajo, estas diferencias se pueden relacionar ya sea con diferencias de ingreso y/o ubicación geográfica.

- Variables extensivas: flujo de energía exosomática (FE_{HH}) por sectores

La cantidad total de energía consumida por los hogares durante 1998 fue de 73.7 PJ, un aumento considerable con respecto a los 49 PJ registrados en 1970. Durante este período de 28 años, el consumo total anual aumentó en 0.4% durante el período 1970-1980, luego se expandió en 1.5% en la etapa 1980-1990, y finalmente se incrementó en 3.1% en el período 1990-1998.

- Variables intensivas: tasa de metabolismo exosomático (TME_{HH})

Al tomar en cuenta las variables intensivas, se tiene una perspectiva totalmente diferente de las tendencias de consumo energético en el sector de los hogares (HH). El consumo residencial per cápita fue de 6.1 GJ en 1998, comparado con un 8.2 GJ per cápita en 1970. La TME_{HH} (el consumo energético de los hogares, por hora de la población no trabajadora) ha disminuido en un 1% al año desde 1970. En 1970, el promedio de la TME_{HH} fue de 1 MJ/ hora; pero, este valor decreció a un valor promedio de TME_{HH} de 0.74 MJ/ hora en 1998.

- La combinación de variables intensivas y extensivas

Como se indica en la figura 7, esta descapitalización del *sector de los hogares* fue el resultado de una tasa menor de expansión del flujo de energía exosomática consumida por los hogares (tasa de crecimiento FE_{HH} con relación a la tasa de crecimiento de la *actividad humana* invertida en el sector no –trabajador) (la tasa de crecimiento del AH_{HH}). Los valores de estos parámetros sobre el período considerado se muestran en la tabla 7. Se discutirá más sobre las implicaciones de estas estadísticas en la sección final de este capítulo.

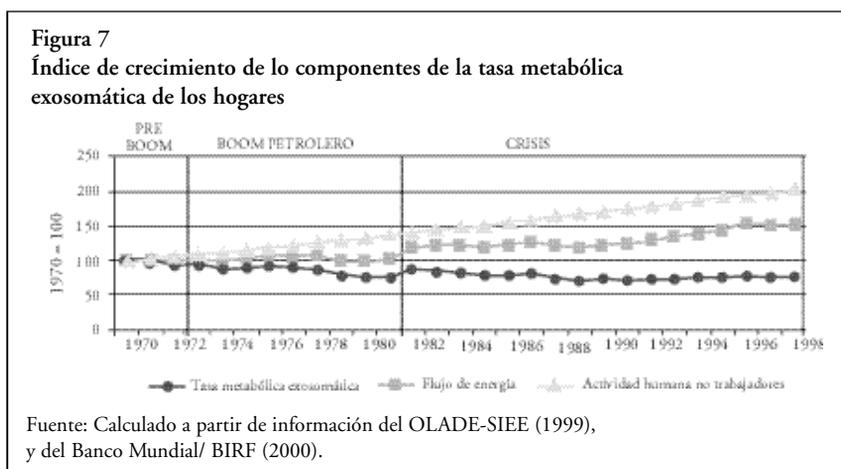


Tabla 7
Sector de los hogares

Tasas de crecimiento anual de la *tasa metabólica exosomática* por hora de actividad humana en el hogar (TME_{HH}), energía exosomática consumida al año en el sector de los hogares (FE_{HH}), y horas de la actividad humana invertida en el *sector de los hogares* (AH_{HH})

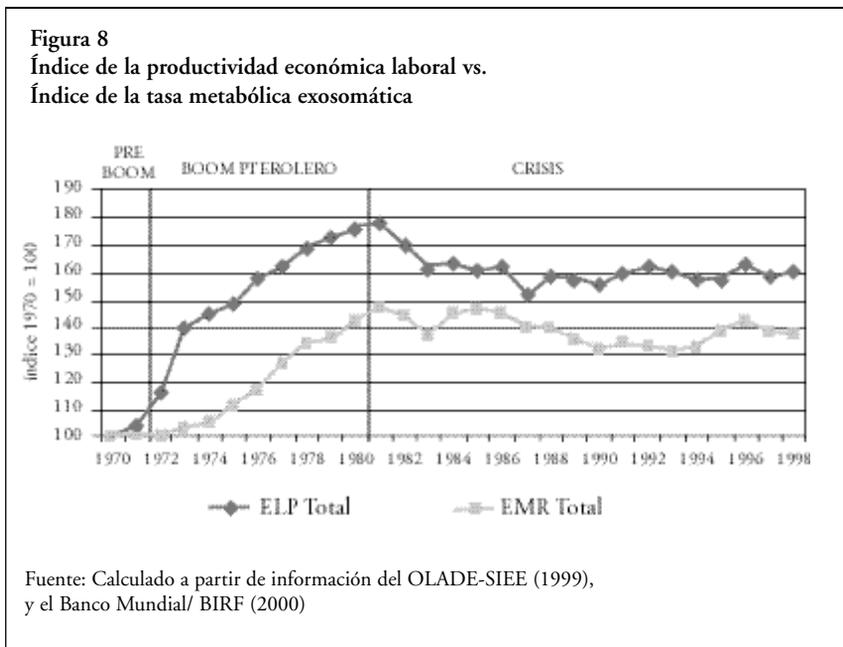
Períodos	TME_{HH}	FE_{HH}	Actividad humana de la población no trabajadora	Actividad humana de la población trabajadora
1970-1980	-2,5%	0,4%	2,9%	2,9%
1980-1990	-1,1%	1,5%	2,5%	2,6%
1990-1998	1,0%	3,1%	2,1%	2,6%
1970-1998	-1,0%	1,5%	2,5%	2,8%

Fuente: OLADE-SIEE (1999), Banco Mundial/ BIRF (2000)

Examen de las fases históricas utilizando una descripción integrada

En el ámbito nacional: el vínculo entre la capitalización de trabajo remunerado y la productividad económica laboral. El espiral negativo que conllevó a la crisis

La relación entre el índice de PEL_{TR} (1970=100) y el índice de la TME_{TR} sobre el período analizado se muestra en la figura 8. Los gráficos confirman la relación sugerida previamente por otros autores. Las curvas de PEL y TME para el sector del *trabajo remunerado* (TR) ecuatoriano son muy similares. Ramos-Martín (2001) en su análisis histórico de España obtuvo el mismo resultado.



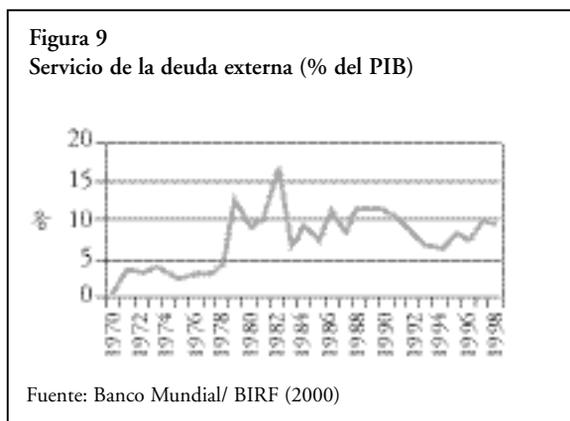
¿Cuáles son las implicaciones de la relación entre TME_{TR} y PEL_{TR} ? En un país como el Ecuador, esto implica que para tener un crecimiento económico, el valor tomado por el parámetro FE_{TR} (*flujo de energía exosomática del trabajo remunerado*) debe crecer más rápidamente que aquel tomado por el parámetro AH_{TR} (*asignación humana del trabajo remunerado*).

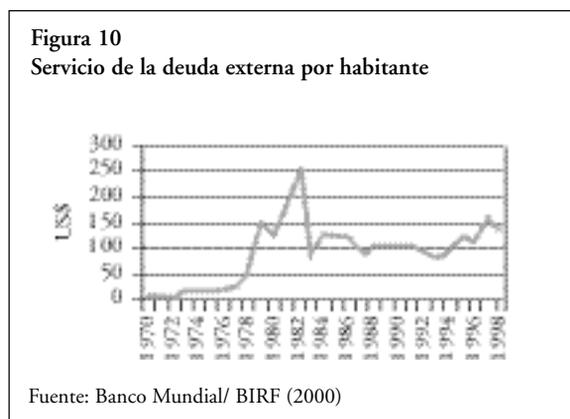
En otras palabras, la condición para el crecimiento económico puede ser expresada como:

$$d(FE_{TR})/dt > d(AH_{TR})/dt \quad (1)$$

Como fue anticipado en la Sección 1, dos factores han evitado el cumplimiento de esta condición:

a. El peso del servicio de la deuda desde los años 80. La crisis de la deuda explotó en 1982, cuando la economía sufrió una serie de choques adversos, que se vieron empeorados por períodos de baja en los precios internacionales del petróleo. Esto fue particularmente dañino debido a la alta dependencia de la economía en las exportaciones petroleras. Actualmente, el Ecuador todavía tiene uno de los niveles más altos de deuda externa per cápita en América Latina. Al final del año 2001, la deuda externa pública llegó a un total de US\$ 11,357 millones (Banco Central del Ecuador, 2002). Esta cifra refleja el resultado de un constante endeudamiento público, agravado por duras condiciones financieras impuestas por los acreedores externos en términos de tasas de interés así como en los plazos para el pago del capital. Las figuras 9 y 10 muestran dos indicadores que se explican por sí solos: a) servicio de la deuda (como % del *PIB*), y b) servicio de la deuda per cápita.





El costo de “comprar capital” durante los 70, para tomar ventaja de la oportunidad proporcionada por el petróleo (que permitió aumentar los niveles de TME), se tradujo en la creación de una gran deuda durante los 80. Este hecho, en cambio, previno (y todavía previene) al Ecuador de utilizar su valor agregado disponible para capitalizar aún más sus sectores económicos. El flujo de valor agregado disponible ha sido utilizado al servicio de la deuda, en vez de invertirlo para mantener alto $d(FE_{TR})/dt$. Los sectores con trabajos bien remunerados, que a su vez requieren también de altos niveles de capitalización, son los más afectados por esta situación crítica. (Cabe recordar aquí el crecimiento anual negativo del TME_{PS} durante los ochenta, discutido anteriormente).

La crisis de la deuda de 1982 implicó una caída de los recursos disponibles del gobierno para el gasto, así como la caída de los precios del petróleo en el mercado internacional. Claramente, no solo el servicio de la deuda causó una disminución del crecimiento y consumo de energía, sino también choques exógenos tales como la caída de los precios del petróleo, que disminuye con el ingreso ecuatoriano y, por ende, causaron una baja de la demanda efectiva y, con ello, de la producción, empleo y consumo de energía.

b. El boom de natalidad de la década de los sesenta y setenta implicó la llegada de los primeros jóvenes a la fuerza laboral a mediados de los 80. El rápido crecimiento poblacional, iniciado en los sesentas (3.1% en el período censal 1962-1974) y consolidado por el boom petrolero durante los 70, implicó un crecimiento en $d(AH_{TR})/dt$ durante los 80, lo que habría requerido de la creación de un número adecuado de oportunidades de trabajo. Como fue explicado anteriormente, ello habría demandado de una capitalización masiva de FE_{TR} . Debido a la escasez de capital para aumentar las oportunidades de trabajo en el sector productivo y por el crecimiento demográfico, fue inevitable que una buena

parte de esta nueva fuerza de trabajo se dirigiera a los servicios, entrara al sector agrícola, y en menor medida al sector de la construcción. No obstante, el sector agrícola tuvo la productividad económica laboral más baja en relación a cualquier sector económico. El ya difícil proceso de urbanización (que necesita la construcción rápida de infraestructuras para las cuales no existe capital disponible) no indica una salida fácil de la situación actual, al menos en el corto plazo.

En el ámbito de los hogares: las implicaciones para lograr estándares de equidad y vida

Al leer los efectos de las crisis experimentada durante los últimos años, desde la perspectiva de los hogares, se puede caracterizar la situación en dos puntos principales:

- Pobreza- La mayoría de los hogares tienen pocas opciones: ya sea aceptar un trabajo en puestos que proporcionan una remuneración muy baja (que al momento solo suministra la mínima subsistencia), permanecer desempleada o subempleada, en busca de mejores oportunidades (emigrando a las ciudades y ahora principalmente al exterior). La pobreza entre la población urbana llegó al 46% al cerrarse la década de los noventa, es decir a niveles similares de fines de los años ochenta (SIISE, 2001).
- Inequidad – Debido a los diferentes factores históricos hay una generación insuficiente de excedentes para obtener un crecimiento económico (medido por los indicadores de desempeño económico convencional). Paralelamente, el crecimiento económico se produce solamente en nichos sociales y geográficos específicos. Además, hay una desigualdad creciente en la distribución del ingreso: según las encuestas urbanas de empleo y desempleo: el coeficiente de Gini (a nivel del área urbana) mostró un aumento de 0,46 a 0,59 entre 1990 y el año 2000 (SIISE, versión 2.5, 2002). El coeficiente de Gini, que oscila entre 0 y 1, es una medida de la desigualdad en la distribución del ingreso. Mientras más alta es la desigualdad, este indicador se acerca a 1. El indicador se vuelve cero, en el caso hipotético de una distribución totalmente justa.

El patrón de consumo energético en los hogares puede ser utilizado para investigar las diferencias entre tipologías de los hogares, con relación a diferencias de ingreso y de ubicación geográfica. Como se indica en la tabla 8, el consumo de combustibles de los hogares cambia de acuerdo a la distribución del ingreso. En 1995, la leña fue utilizada por el 30,4% de los hogares más pobres, mientras so-

lamente un 4.3% de los hogares más ricos la utilizaban. En el mismo año, respectivamente 68% y 77.3% de los hogares más pobres consumieron gas de uso doméstico y electricidad, mientras que el 91.3% y el 96.2% de los hogares más ricos consumieron estos mismos insumos, respectivamente.

Quintil de población	Electricidad	Gas	Leña
Quintil 1 (más pobre)	77.31%	68.04%	30.38%
Quintil 2	89.50%	81.28%	16.81%
Quintil 3	90.99%	89.96%	9.06%
Quintil 4	95.82%	94.10%	4.62%
Quintil 5 (más rico)	96.19%	91.32%	4.33%
Promedio del país	89.96%	84.94%	13.04%

Fuente: SIISE (*Encuesta sobre las condiciones de vida* 1995), INEC y Banco Mundial.

Las diferencias en el consumo de energía en relación con el ingreso también pueden ser analizadas sobre los quintiles de población. Los hogares más pobres consumieron 61.3 kilowatios/ hora (Kwh.) por mes en 1995, comparado con 221 Kwh. del quintil más rico. El consumo de gas por hogar perteneciente al quintil más rico fue de 1.29 cilindros por mes en 1995. (Cada cilindro tiene 15 kilogramos). El quintil de hogares más pobre consumió tan solo 1.05 cilindros por mes durante 1995. Estos datos se muestran en la tabla 9.

Analizando los gastos de energía y combustible en velas, electricidad y combustibles como un porcentaje de los gastos totales de los hogares, los hogares más pobres destinaron una gran proporción de sus gastos hacia energía y combustible comparado con personas de mayor ingreso. Estas cifras se observan en la tabla 10.

Tabla 9
Consumo de GLP y electricidad
Por quintil de población, 1995

Quintil de población	Kilowatio-hora por mes en 1995	Número de cilindros de gas
Quintil 1 (más pobre)	61.33	1.05
Quintil 2	85.31	1.18
Quintil 3	118.06	1.30
Quintil 4	145.26	1.38
Quintil 5 (más rico)	221.33	1.29
Promedio del país	126.26	1.24

Fuente: SIISE (*Encuesta sobre condiciones de vida* 1995), INEC y Banco Mundial

Tabla 10
Gastos de energía y combustibles de acuerdo a las condiciones sociales
Por región y área de residencia
Como % de los gastos totales de los hogares, 1995

Región	Área	Niveles de pobreza			
		Indigentes %	Población pobre %	Población no pobre %	Total %
País	Rural	2,09	1,44	1,16	1,47
	Urbana	2,85	1,96	1,65	1,80
	Total	2,32	1,71	1,54	1,68
Costa	Rural	2,30	1,55	1,39	1,61
	Urbana	2,27	1,98	1,70	1,81
	Total	2,29	1,79	1,64	1,74
Sierra	Rural	1,99	1,34	0,94	1,37
	Urbana	3,21	1,94	1,60	1,80
	Total	2,37	1,63	1,44	1,63
Amazonía	Rural	1,72	1,25	0,93	1,17
	Urbana	2,91	1,92	1,36	1,64
	Total	1,89	1,36	1,06	1,27

Fuente: SIISE (*Encuesta sobre Condiciones de Vida*, 1995), INEC y el Banco Mundial

Resultados

En este capítulo se presentó un ejemplo de la aplicación de la *Evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* para analizar la historia económica reciente del Ecuador. Este estudio del metabolismo social puede ser utilizado para integrar los análisis económicos con una perspectiva biofísica del proceso económico, y con el objetivo de proporcionar una herramienta complementaria con otras ya disponibles (análisis histórico, social, institucional, económico, etc).

La mayor ventaja de este método integrado de análisis no es el hecho de que proporciona explicaciones “nuevas u originales” de los eventos, sino que más bien hace posible integrar las diferentes perspectivas proporcionadas por distintas disciplinas, lo que permite descubrir contradicciones y similitudes válidas.

Con relación a la historia económica reciente del Ecuador, este análisis integrado se enfoca en un conjunto de hechos evidentes (al considerarlos de forma individual):

(1) La posibilidad de aumentar la TME_{TR} (*tasa metabólica exosomática por hora de actividad humana en trabajo remunerado*) a través del tiempo – una condición que requiere también aumentar la TME_{HH} (*tasa metabólica exosomática por hora de actividad humana en el hogar*)– tiene una relación con la factibilidad de invertir en estos sectores. Por tanto, la capitalización (la cantidad de energía exosomática utilizada en actividades económicas por hora de trabajo) de los diferentes sectores del sistema socioeconómico – ya sea en la producción o en el consumo – requiere de inversión previa en los sectores que generan valor agregado.

(2) Los excedentes generados por el crecimiento económico fueron principalmente utilizados para: (a) aumentar la capitalización de los sectores económicos, lo que produce valor añadido (aumentos en TME_{TR}); (b) el servicio de la deuda externa; (c) aumentar el consumo interno (ejemplo: incrementos en TME_{HH}). Esto puede ser logrado solamente por medio del aumento de la capitalización del sector de los hogares.

(3) El efecto combinado del servicio de la deuda externa, entre otros factores externos, así como el rápido crecimiento poblacional, han tenido un papel crucial en la determinación del crecimiento económico, lo cual se ha convertido en un círculo de retroalimentación negativa. De hecho, para tener crecimiento económico (igual a aumentar, ya sea TME_{TR} o TME_{HH} , o ambos al mismo tiempo), un sistema socio-económico debe cumplir la siguiente condición: la tasa a que tanto la FE_{TR} (*joules de energía exosomática consumida al año en trabajo remunerado*) y FE_{HH} (*joules de energía exosomática consumida por el sector de los hogares*)

crezca (dFE_{TR}/dt y dFE_{HH}/dt) debe ser mayor que la tasa a la cual tanto la AHA_{TR} (horas de actividad humana invertidas en trabajo remunerado) como la AH_{HH} (horas de actividad humana invertida en el sector de los hogares) crecen (dAH_{TR}/dt y dAH_{HH}/dt .)

(4) La *nueva población* (nueva AH) fue incluida, debido a la fertilidad de la población residente. Por lo tanto, esta nueva AH que ha formado parte del sector de los hogares HH, ha permanecido ahí durante 10-15 años, mientras los niños se han acercado a la adultez, para luego transferirse principalmente al sector agrícola y a la construcción, ya que eran los únicos sectores accesible para la mayoría de nuevos trabajadores. Desafortunadamente, la agricultura también ha sido el sector con el más bajo PEL y TME dentro de los sectores económicos productivos. Se debe destacar que, de acuerdo con este análisis, la emigración tiene un efecto positivo doble para la economía del Ecuador. Esta no solo genera un flujo de dinero que entra al país sin requerir de inversión económica en *trabajo remunerado* (TR), sino también porque reduce la tasa de aumento de la dAH_{TR}/dt . Obviamente también tiene un efecto negativo perverso a futuro, pues produce una descapitalización de la economía, ya que emigra fuerza de trabajo, en algunos casos calificada, y des-estructura el núcleo familiar.

De acuerdo con estos hechos, la crisis posterior al boom petrolero puede verse como consecuencia de dos factores: (1) la necesidad de una capitalización rápida de la economía del país (tanto en el sector productivo como en la construcción de infraestructura) durante esa década; (2) el efecto secundario de las tendencias demográficas debido a mejores condiciones económicas o, mejor aún, por una amplia expectativa en cuanto a mejores condiciones económicas. Como consecuencia de este hecho, el pago de la deuda externa redujo, entre otros factores tales como choques exógenos como la caída de los precios del petróleo, la velocidad a la cual el país podía capitalizar su sector económico (dFE_{TR}/dt), al mismo tiempo en el que la tasa de dAH_{TR}/dt llegaba a su nivel más alto. Como resultado de esto, la tasa de crecimiento del AH_{TR} fue más alta que la tasa de crecimiento del FE_{TR} .

Las implicaciones para el sector de los hogares fueron las siguientes: (1) la tasa de capitalización del sector TR no pudo absorber toda la nueva fuerza de trabajo en puestos de trabajos bien remunerados, y también implicó la creación de trabajos de bajo salario en el sector de los servicios; (2) la proporción del FET (*flujo exosomático total*) del sistema analizado que estaba disponible para el consumo en el ámbito de los hogares fue “muy baja”, al menos para mantener el estatus quo (para mantener estable, a través del tiempo, el valor original del TME_{HH}), al enfrentar la alta tasa de crecimiento demográfico.

Esta explicación no es la parte principal de este enfoque. Utilizando diferentes términos y conceptos, otros científicos provenientes de diferentes disciplinas, también han descrito las fases de la historia económica reciente del Ecuador de una manera útil. Esto significa que ellos han empleado otros marcos teóricos para explicar las diferentes fases consideradas en esta narrativa. Dos características adicionales hacen de la *Evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* (EIMEMS) un instrumento particularmente útil:

(1) EIMEMS puede ser comparado con lecturas científicas de otras disciplinas, sin ningún problema.

(2) EIMEMS hace posible relacionar indicadores de desempeño socioeconómico (en cuanto a la viabilidad económica y social) con indicadores de uso de energía. En realidad, un estudio paralelo de las transformaciones en el uso del suelo se encuentra en el capítulo 4, en el cual otros indicadores referentes al impacto ecológico han sido incluidos (relacionados con el análisis proporcionado en este capítulo). Un estudio más exhaustivo, así como ejemplos del posible uso combinado de indicadores de impacto, tanto socio-económico como ambiental, son proporcionados en Gomiero y Giampietro (2001), así como en el capítulo final de este libro.

Capítulo IV

Evaluación integrada de los cambios en el uso de la tierra

Este capítulo presenta una evaluación integrada de la evolución en el uso de la tierra en el Ecuador durante el periodo 1970-1998 (cuando es posible se complementa con información hasta el año 2000). Consta de cuatro partes: la sección 1 ofrece una descripción general basada en una narración de los cambios. La sección 2 proporciona un análisis de los efectos de la presión demográfica y socioeconómica. La sección 3 expone la relación producto/insumo de energía en la agricultura. La sección 4 analiza los indicadores adicionales requeridos para describir la evolución con criterios de impacto ambiental. En este contexto, se discute la *apropiación humana de los productos de la fotosíntesis*, y la *huella ecológica*.

Transformaciones en el uso de la tierra relacionados a la historia económica reciente

Conforme al ecologista británico Norman Myers, la región tropical de los Andes es uno de los principales *hotspots* ecológicos del mundo. El Ecuador presenta la biodiversidad por hectárea más alta de todos los países sudamericanos. Myers ha reconocido como un modesto número de ecosistemas *hotspots*, que cubren un área pequeña de tierra, principalmente bosques tropicales, explican el alto porcentaje de biodiversidad global. La región de los Andes tropicales y el *Chocó - Darién* representan dos de estos *hotspots*.

Cañadas (1983) identificó 29 regiones bioclimáticas, en base a la altitud, temperatura, y precipitación anual. El mapa *bioclimático* fue utilizado para elaborar el mapa ecológico del Ecuador (1:1 millones), de acuerdo a la clasificación de Holdridge. El mapa ecológico muestra 25 zonas de vida.

El crecimiento económico tiene sin duda repercusiones ambientales. La expansión de las fronteras económicas (petrolera, minera, camaronera, etc.) ha

tenido y tiene costos ambientales y sociales muy altos. La ampliación de la frontera económica trae aparejada la construcción de obras de infraestructura vial y petrolera, las cuales han sido una de las razones fundamentales del menoscabo del patrimonio natural. Así, el país ha perdido el 68% de bosques en la Sierra y el 16% de bosques en la Amazonía (Sierra, 1999, tal como reporta ECOCIENCIA, 2002).

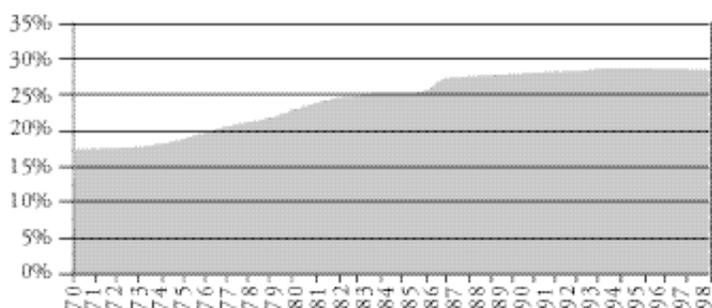
La principal causa de la extinción de especies es la deforestación (Wilson, 1992). En el Ecuador, la deforestación anual promedio, especialmente de bosques naturales en la Sierra y en las zonas bajas occidentales fue de cerca de 220 mil hectáreas (ha) entre 1970-1995 (estadísticas de la FAO). Con la tasa de deforestación de los 90, de casi 1.5% por año (utilizando una regresión exponencial), el país quedará desprovisto de la mitad de sus bosques naturales en los próximos 50 años. El área de tierra agrícola (tierra arable, cultivos permanentes y pastos) aumentó 3.2 millones de ha durante 1970 y 1998 (FAO-STAT, 2000), o sea un 11% de la tierra total (ver tabla 1 y figura 1).

Tabla 1 Uso de la tierra									
Año	Tierra arable			Cultivos permanentes			Pastos		
	1000 ha	Ha por persona	Ha por agricultor (*)	1000 ha	Ha por persona	Ha por agricultor (*)	1000.ha	Ha por persona	Ha por agricultor (*)
1970	1.725	0,29	1,78	830	0,14	0,86	2.300	0,38	2,38
1980	1.542	0,19	1,52	920	0,12	0,91	4.016	0,50	3,96
1990	1.604	0,16	1,34	1.321	0,13	1,11	4.921	0,48	4,12
1998	1.574	0,13	1,25	1.427	0,12	1,14	5.107	0,42	4,06
Cambio 1970-1998	-151	-0,16	-0,53	597	-0,02	0,28	2.807	0,04	1,69

(*) Este indicador fue obtenido al dividir la tierra total arable, cultivos y pastos, para la fuerza laboral agrícola.
Fuente: FAO-STAT, 2000.

Figura 1

Tierra agrícola (% de la tierra total)



Fuente: FAO - STAT, 2002.

Tendencias en el uso de la tierra

- Tierra arable

La tierra arable ha disminuido a una tasa promedio de 0.3% al año entre 1970 y 1998 (tabla 2). Esta tipología de tierra³⁰ decreció a una tasa de 1.2% por año durante la fuerte expansión económica de los 70. La tierra arable por agricultor ha caído de 1.73 ha a 1.25 ha en el mismo período.

Tabla 2
Tasas de crecimiento anual del uso de la tierra
Por períodos

Períodos	Tierra arable	Cultivos permanentes	Pastos
1970-1980	-1,2%	1,1%	5,9%
1980-1990	0,3%	4,0%	1,9%
1990-1998	-0,5%	0,9%	0,6%
1970-1998	-0,3%	2,4%	3,1%

Nota: Las tasas de crecimiento anual fueron calculadas utilizando regresiones exponenciales.

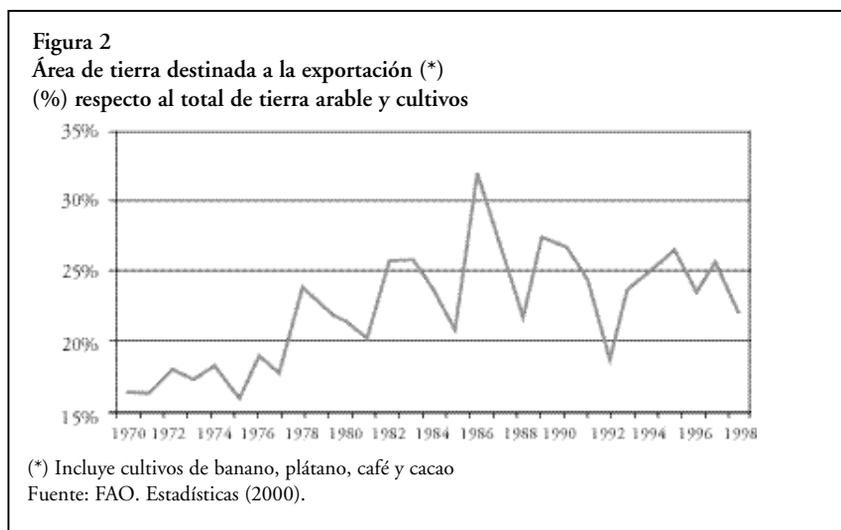
Fuente: Calculado en base a las estadísticas de FAO-STAT, 2000.

30 La FAO define la tierra arable como tierra que posee cultivos temporales (las áreas que han sido doblemente cultivadas se las cuenta solo una vez, los prados temporales ya sea para podar o pastar, la tierra bajo jardines de mercado y la tierra temporalmente bajo barbecho (menos de 5 años). La tierra abandonada resultante de los cambios en el cultivo no se incluyen en esta categoría. Las estadísticas de "tierra arable" indican la cantidad de tierra potencialmente cultivable.

La disponibilidad de tierra se ha reducido mientras la población ha crecido, y también se ha perdido por el proceso de conversión de la tierra en desierto, así como por la erosión del suelo (De Koning, 1999, Chiriboga, 1999). Generalmente, las grandes haciendas abarcan la mejor calidad de tierra. Por el contrario, las tierras de los campesinos carecen de una apropiada irrigación, sufren de suelos erosionados y de otras desventajas relativas (Larrea, 1992).

- *Cultivos permanentes*

La tierra de cultivos permanentes ha crecido a una tasa promedio de 2.4% al año entre 1970 y 1998. Este dinamismo fue notable durante los 80: con un 4% por año. Las tierras de cultivos permanentes han sido destinadas principalmente para cultivos tropicales, como banano, cacao, plátano, café, aceite de palma, arroz, soya y azúcar de caña. Así mismo, la superficie de cultivos destinados a la exportación (como % de tierra arable y cultivable) mantiene una tendencia creciente (ver figura 2).



- *Pastos*

La tierra de pastos subió a una tasa promedio del 3.1% anual, durante 1970-1998, y en términos absolutos pasó de 2.3 a 5.1 millones de ha. Los pastos tuvieron una tasa de crecimiento de 5.9% por año entre 1970 y 1980, y luego el incremento fue más lento en los siguientes periodos. Este aumento fue consistente en las tres eco-regiones.

31 El balance alimenticio agrícola fue obtenido al multiplicar las cantidades producidas de los cultivos principales (expresadas en MT) por su equivalente calórico, a fin de expresar en calorías de comida.

Presión demográfica

El balance alimenticio agrícola³¹ presenta una variación a partir de los ochenta: el consumo supera a la producción de alimentos, como se advierte en el cuadro 3. Las modificaciones en el uso del suelo, las políticas económicas y agrícolas, la presión demográfica y socio económica han incidido en el apareamiento de este desfase cada vez mayor. Producto de ello, las importaciones de productos vegetales han aumentado cerca de siete veces entre 1970 y el 2000 especialmente por el incremento de las compras de trigo. En tanto, las exportaciones han aumentado 2.6 veces en el mismo período destacándose las ventas externas de frutas: banano y plátano, café y cacao. La exportación de productos agrícolas se asocia con encadenamientos productivos positivos: generación de empleo, entrada de divisas, etc. Lastimosamente, la generación de efectos externos no incorporados en los precios de mercado no es una potestad exclusiva de los recursos no renovables, sino también de las prácticas agrícolas. El recuadro 1 permite distinguir esta situación.

	Producción (a)	Importaciones (b)	Variación Existencias (c)	Exportaciones (d)	Total (e)=(a)+(b)+ (c)-(d)
1970					
Productos vegetales	4.559	309	-220	624	4.024
Productos animales	662	89	0	7	744
Total	5.221	398	-220	631	4.768
1980					
Productos vegetales	5.348	1.274	-141	845	5.636
Productos animales	1.190	105	-13	254	1.027
Total	6.538	1.379	-154	1.099	6.664
1990					
Productos vegetales	7.437	1.622	-177	898	7.983
Productos animales	1.454	64	15	189	1.343
Total	8.891	1.686	-162	1.088	9.326
1998					
Productos vegetales	8.919	3.429	-957	1.556	9.834
Productos animales	2.151	152	-7	333	1.962
Total	11.069	3.581	-965	1.889	11.797
2000					
Productos vegetales	9.903	2.175	-159	1.634	10.285
Productos animales	2.341	28	5	374	1.999
Total	12.244	2.203	-155	2.009	12.284
Fuente: FAO-STAT (2002)					

Recuadro 1 ¿Cuánto vale cada kcal de banano exportada?

Actualmente, Ecuador es uno de los principales exportadores del mundo de banano. En el año 2001, las exportaciones de banano y plátano generaron los mayores ingresos de divisas (US\$ 864.5 millones), luego del petróleo crudo (US\$ 1.7 billones) y las remesas de los emigrantes (US\$ 1.4 billones). En el año 2000, el área cosechada llegó a 194.3 mil ha, que produjeron 6.5 millones de toneladas métricas (TM), de las cuales se exportaron 4.2 millones de TM (cerca de 1×10^{12} kcal).

Investigadores ecuatorianos se preocuparon en algún momento por develar el deterioro de los términos de intercambio de los productos primarios (ver por ejemplo, Jaramillo, 1986), recogiendo ideas formuladas por estudiosos como el argentino Raúl Prebisch impulsor de la corriente cepalina desarrollada como respuesta frente a la teoría ortodoxa sobre el comercio internacional a finales de los años cuarenta, la cual sostiene que el libre comercio es beneficioso para cada país participante en el intercambio; y luego por autores Oscar Braun, el egipcio Samir Amin, Arghiri Emmanuel quienes desarrollaron la teoría del intercambio desigual en los setentas, la cual tiene como eje la idea de la transferencia sistemática de valor de los países de bajos salarios a los países de altos salarios (situación ampliamente documentada en un conocido estudio acerca del banano en los años ochenta, revisar Larrea, 1987). Con todo, poco se ha escrito sobre el intercambio ecológicamente desigual (IED). Autores como Martínez-Alier han incorporado al debate el término de IED que se definiría como las exportaciones de los países pobres, a precios que no consideran ni las externalidades causadas por las exportaciones ni el agotamiento de los recursos naturales, a cambio de productos procedentes de países ricos. Estas exportaciones mal pagadas (pues los precios no incluyen diversos costos sociales y ambientales, locales y globales) y los servicios ambientales proporcionados gratis por el Sur al Norte, darían también lugar a la deuda ecológica del Norte con el Sur (Martínez-Alier, 2001).

Esto se puede ilustrar con los nutrientes utilizados en la agricultura. De Koning (1999) calculó un balance total de nutrientes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) con datos de 1991. Los insumos consisten en fertilizantes minerales, así como orgánicos, depósitos atmosféricos, fijación - N biológica y sedimentación. Los productos consisten en productos cosechados, residuos removidos de cultivos, lixiviación, pérdidas gaseosas y erosión. El balance de nutrientes es la diferencia entre insumos y productos. Los resultados del modelo muestran un agotamiento de las existencias (stock) de nutrientes de la tierra en los agro-ecosistemas ecuatorianos. A escala nacional, para los cultivos temporales existe principalmente un déficit de nitrógeno ($42 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), mientras que para los cultivos permanentes, los balances tanto de nitrógeno como de potasio son negativos (40 y $25 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, respectivamente). La erosión es la principal causa de la pérdida de nitrógeno, pero la lixiviación también contribuye a ello. En los cultivos permanentes, cantidades relativamente grandes de potasio salen del agro-ecosistema por medio de los productos cosechados, por las altas concentraciones de potasio de estos productos, así como por los altos rendimientos. En la Costa, existe un déficit de potasio de 18.1 Kg ha^{-1}

1 año^{-1} en los cultivos permanentes (como el banano) (F. De Koning, comunicación personal, 1999). En El Oro, la proporción de banano es mayor en suelos fluviales que en tierras asentadas sobre materiales antiguos, o en suelos sobre erupciones volcánicas. Además, las proporciones de banano con fertilizantes químicos y con irrigación son muy altas. Los suelos fluviales se prefieren para los cultivos de banano a gran escala, pues presentan un riesgo de baja erosión, una alta fertilidad inherente de sus suelos y una ausencia de pendientes muy inclinadas. A pesar de que en El Oro, los suelos fluviales con cultivos de banano muestran un balance total de N positivo, el balance total de K es negativo. Como el fertilizante mineral y el producto cosechado forman la mayor parte de los insumos y productos de K, el fertilizante mineral de K dado para 1991 no es suficiente para el nivel de producción de banano en los suelos fluviales de El Oro.

Por causa de este balance negativo de nutrientes, especialmente potasio, el Ecuador está dirigiendo al exterior un porcentaje significativo de sus superávits de productos, materia y energía, y por ende está reduciendo los excedentes de su propia "capacidad de carga" ambiental. El banano está valorado a precios de mercado, en tanto la pérdida de nutrientes y las externalidades ambientales de la producción de la fruta no están incorporadas en los precios de mercado de cada *kcal* exportada.

Se pueden distinguir dos indicadores para analizar los efectos de la presión demográfica y socioeconómica sobre el comportamiento del sector agrícola (Giampietro, 1997):

- (1) Niveles de productividad de la tierra requeridos para ser autosuficientes en relación con la disponibilidad actual de tierra arable y cultivos (se mide como producción + importaciones- exportaciones/ superficie de tierra arable y cultivos) versus los niveles actuales de productividad (producción del sector agrícola por ha de tierra arable y cultivos).
- (2) Niveles de productividad de la mano de obra requeridos para ser autosuficientes en relación con la oferta de trabajo actual en la agricultura (se calcula como producción + importaciones- exportaciones/ horas de trabajo en la agricultura) versus niveles actuales de productividad de la mano de obra (producción del sector agrícola con su disponibilidad de mano de obra en este sector).

Se han obtenido los siguientes resultados (ver tabla 4):

- Un incremento en la productividad real de la tierra (*Kcal/ha*) y en la productividad del trabajo (*Kcal/hora*) entre 1970 y el 2000.
- Desde los ochenta, la productividad real alcanzada es inferior a la productividad de la tierra y la mano de obra requerida para ser autosuficientes, o sea efectivamente hay una presión demográfica y socio económica.

	1970	1980	1990	2000
(1) Tierra arable + cultivos permanentes 10 ³ ha	2.555	2.462	2.925	3001
(2) Fuerza de trabajo en el sector agrícola 10 ³	997	1.013	1.201	1.279
(3) Horas de trabajo en la agricultura 10 ⁹ (*)	1,8	1,8	2,2	2,3
(4) Producción de productos vegetales 10 ⁹ Kcal	4.559	5.348	7.437	9.903
(5) Consumo de productos vegetales 10 ⁹ Kcal(**)	4.024	5.636	7.953	10.285
Productividad de la tierra (10⁶ Kcal/ha)				
(6) Presión demográfica (5)/(1)	1.6	2.3	2.7	3.4
(7) Productividad real de la tierra (4)/(1)	1,8	2.2	2.5	3.3
Productividad del trabajo (Kcal/hora)				
(8) Presión socioeconómica (5)/(3)	2.242	3.091	3.693	4.467
(9) Productividad real del trabajo (4)/(3)	2.540	2.933	3.440	4.302

(*) Asumiendo una carga de trabajo de 1,800 horas por año
(**) Producción + importaciones + - variación de existencias- exportaciones
Fuente: FAO-STAT, 2002

A pesar del aumento promedio de la productividad agrícola, entre 1970 y 1998, las tasas de crecimiento anuales de los rendimientos de ciertos productos dirigidos hacia el consumo interno han disminuido su ritmo, y otros productos, como las papas, trigo, tomates, lechuga, avena y ajo, hubo un decrecimiento (tabla 5).

Cálculo de la relación producto/insumo de energía

La productividad promedio agrícola ha aumentado, lo cual indica una mejora tecnológica en la agricultura. Esta alza en la productividad ha estado asociada con uso cada vez más intensivo insumos agrícolas (evaluados en uso de energía fósil), como se verá a continuación.

Tabla 5

Tierra cosechada y rendimiento por cultivos y por períodos

Cultivo	Área cosechada Miles de hectáreas		Tasas de crecimiento anuales de la productividad			
	1970	1998	1970-1980	1980-1990	1990-1998	1970-1998
Maíz	291,7	356,0	2,8%	-2,3%	0,5%	1,0%
Arroz	86,6	325,3	0,8%	0,1%	0,6%	0,8%
Café	214,8	260,0	-1,2%	3,4%	-4,5%	0,2%
Cacao	228,3	260,0	0,3%	-1,9%	-6,6%	-1,2%
Banano	193,6	206,9	8,7%	-5,6%	3,5%	1,0%
Caña de azúcar	83,0	130,0	-1,2%	0,8%	-3,9%	-0,3%
Aceite de palma	25,0	96,0	4,3%	3,8%	0,0%	3,5%
Leguminosas	142	81,1	0,2%	-1,9%	3,7%	0,7%
Papas	47,2	57,9	-1,8%	-6,6%	2,4%	-2,2%
Granos secos	81,6	56,0	1,2%	0,1%	1,5%	1,4%
Plátano	35,9	50,0	-2,6%	0,6%	-1,9%	0,1%
Cebada	133,9	43,0	2,4%	-1,8%	0,5%	0,1%
Trigo	76,2	30,5	0,4%	-4,3%	0,8%	-1,6%
Soya	0,6	8,1	2,8%	3,1%	-7,2%	0,8%
Tomate	1,2	6,3	-3,6%	-0,2%	-7,5%	-1,6%
Lechuga	0,7	1,2	-1,5%	-4,1%	-6,6%	-1,5%
Avena	1	1,4	0,0%	-2,3%	2,2%	-1,2%
Ajo	0,7	0,2	-3,6%	-10,0%	-3,5%	-5,4%

Nota: Los cultivos han sido clasificados de acuerdo a la extensión de tierra cosechada en 1998.

Fuente: FAO-STAT (2000).

Insumos

La producción de *Kcal* de comida fue calculada anteriormente. Los insumos agrícolas son transformados a una unidad común de medida: energía fósil. Estos insumos son determinados mediante los datos físicos (número de máquinas, toneladas de fertilizantes de nitrógeno, fosfato y potasio, áreas de hectáreas irrigadas) obtenidos de las estadísticas de la FAO (desafortunadamente, las series de tiempo de los pesticidas son incompletas). Los factores de conversión de energía fósil provienen de las investigaciones de Conforti *et al.* (1997) y Giampietro (1999).

- Maquinaria

Se utiliza el valor del 6 TM (toneladas métricas) por pieza (tractores), y un factor de conversión de 10 $GJ/TM/año$, para estimar el equivalente de energía de cada maquinaria. El número de tractores ha aumentado de 3.100 en 1970 a 8.900 en 1998 (FAO-STAT mantiene la misma información para 1999 y el 2000)³². Por tanto, el consumo de energía fósil comercial se ha incrementado de 186 TJ (10^{12} joules) en 1970 a 534 TJ en 1998 (ver tabla 6).

Año	Número de tractores	Maquinaria			Piezas de maquinaria		
		MT	GJ	MJ/ha	MT	GJ	MJ/ha
1970	3.100	18.600	186.000	72,8	9.300	418.500	163,8
1980	6.198	37.188	371.880	151,0	18.594	836.730	339,9
1990	8.700	52.200	522.000	178,5	26.100	1.174.500	401,5
1998	8.900	53.400	534.000	177,9	26.700	1.201.500	400,4

Nota: La energía fósil fue calculada mediante el uso de factores de conversión analizados por Conforti *et al.* (1997) y Giampietro (1999)
Fuente: FAO-STAT (2002)

- Piezas de maquinaria

Se emplean valores de 3 $TM/año$ y 45 GJ/TM como equivalencia de la necesidad de energía fósil por cada pieza de maquinaria. Al aplicar estas transformaciones, el consumo de energía fósil por pieza de maquinaria pasó de 419 TJ (10^{12} joules) en 1970 a 1.202 TJ en 1998.

- Fertilizantes

La tierra arable y los cultivos permanentes utilizan cada vez más fertilizantes (nitrógeno, fosfato y potasio) por hectárea: el consumo de fertilizantes pasó de 13.3 a 54,8 Kg. por ha entre 1970 y el 2000 (ver figura 4 y tabla 7).

³² El censo agropecuario (INEC, 2002), en base a la encuesta realizada entre el 1 de octubre de 1999 y 31 de septiembre de 2000 establece que la maquinaria agrícola asciende a 17.657 unidades: 12.740 ruedas, 1.644 orugas, 1.911 cosechadoras o trilladoras y 1.362 sembradoras.

Tabla 7

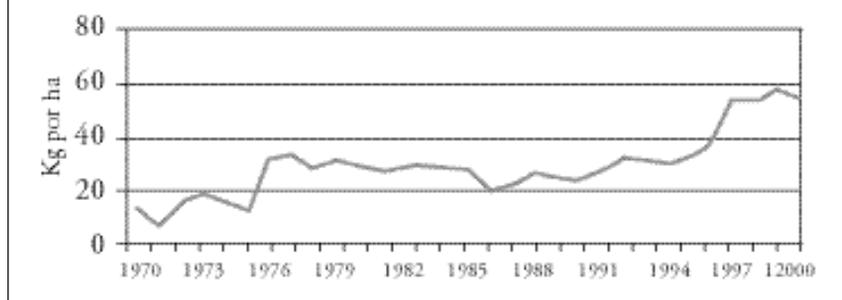
Consumo de fertilizantes

Año	Nitrógeno		Fosfato		Potasio		Total	
	Mil TM	TJ	Mil TM	TJ	Mil TM	TJ	Mil TM	TJ
1970	18	1.406	10	167	6	89	34	1.662
1980	41	3.177	14	249	18	241	73	3.666
1990	39	3.077	9	157	20	268	68	3.502
1998	88	6.877	30	513	44	604	162	7.994
2000	72	5.589	35	616	57	786	164	6.991

Fuente: calculado en base a FAO-STAT (2002)

Figura 3

Consumo de fertilizantes



Para calcular los requerimientos de energía fósil, se aplican los siguientes factores de conversión:

- Nitrógeno, 78.06 MJ/Kg.
- Fosfato, 17.39 MJ/Kg.
- Potasio, 13.69 MJ/Kg.

- Irrigación

Se emplea un factor de conversión de 8.37 GJ por ha irrigada al año. Este valor se refiere a la irrigación basada completamente en energía fósil. Al observar las estadísticas de la FAO sobre la irrigación, se puede asumir que solamente el 50% de la tierra es irrigada por máquinas, de tal manera que el factor de conversión ha sido aplicado solamente al 50% del área registrada como irrigada (Giampietro, 1999). La tierra agrícola irrigada se ha incrementado de 470 mil ha en

1970, a 865 mil ha en 1998 (tabla 8), de 18% a 29% como un porcentaje de la tierra arable y cultivos.

Tabla 8
Tierra irrigada

Año	Tierra irrigada 1000 ha	Área irrigada (% tierra arable y cultivos)	Irrigación basada en energía fósil TJ	Insumo/Ha de tierra arable y cultivos MJ/ha
1970	470	18,4%	1.967	770
1980	620	25,2%	2.595	1.054
1990	820	28,0%	3.432	1.173
1998	865	28,8%	3.620	1.206

Fuente: FAO- STAT (2002)

En conclusión, la utilización de energía fósil por los insumos agrícolas se ha expandido, aunque comparativamente es inferior a los países del Norte (Estados Unidos tiene 4,8 millones de tractores contra 9 mil tractores del Ecuador en el año 2000, es decir una diferencia abismal). Los insumos totales requirieron de 4.1 *GJ* por ha de tierra agrícola (tierra arable más cultivos) en el 2000, comparado con 1.7 *GJ* por ha en 1970 (véase tabla 9). Los fertilizantes de nitrógeno representaron casi la mitad de los insumos.

Tabla 9
Insumos agrícolas

Año	Maquinaria	Piezas de maquinaria	Fertilizantes	Irrigación	Insumos totales	Insumos agrícolas agrícolas/Ha de tierra arable y cultivos GJ/ha
1970	186	419	1.662	1.967	4.234	1,7
1980	372	837	3.666	2.595	7.470	3,0
1990	522	1.175	3.502	3.432	8.631	3,0
1998	534	1.202	7.994	3.620	13.350	4,4
2000	534	1.202	6.991	3.620	12.347	4,1

Fuente: cálculos propios basados en información obtenida de FAO-STAT (2002)

Más Kcal de energía fósil para producir Kcal de comida

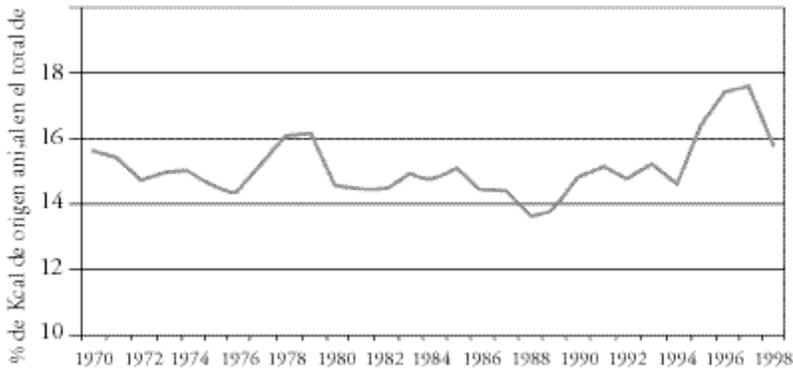
En términos de energía fósil, el producto agrícola supera a los insumos entre 1970 y el 2000 (al comparar los datos de producción de la tabla 3 —transformados a joules de energía fósil— con las cifras de los insumos —evaluados en joules— presentadas en la tabla 9). La relación insumo/ producto de la agricultura ha aumentado de 0.22 a 0.30.

Utilizando la misma metodología, Conforti *et al.* (1997) encontró que los países desarrollados y los de ingreso medio tenían relaciones producto/ insumo en la agricultura (producción: energía en cultivos; insumos: energía comercial incorporada en insumos técnicos), con un rango menor y cercano a 1; entre tanto algunos de los países más pobres del mundo tenían un ratio mayor a 10 (1990-1991), el ratio en el Ecuador de la relación producto/ insumo, o la eficiencia bajó de 4.5 a 3.4 entre 1970-2000.

La agricultura moderna tiene exigencias cada vez mayores de energía fósil para producir energía en forma de alimentos, situación estudiada por David Pimentel en los años setenta. El uso mayor de energía fósil por la necesidad de obtener superiores rendimientos en suelos agotados, está también vinculado a prácticas de monocultivos. Esto puede conducir al rompimiento del círculo virtuoso de la rica agro ecología andina: la diversidad de cultivos y de especies en espacios reducidos y condiciones naturales adversas (¡los campesinos en la Sierra siembran papas hasta los 3.800 m.s.n.m!), facilitan la provisión de *kcal* para alimentar a sectores rurales empobrecidos (el 83% de la población rural de la sierra es pobre, según SIISE, 2002, con datos de las encuestas de condiciones de vida- INEC de 1999).

Esto podría explicar el incremento promedio del suministro de *kcal* por habitante, y la tendencia constante de la calidad de la dieta (*kcal* de productos animales como porcentaje de las *kcal* de productos animales y vegetales) entre 1970 y 1998 (veáse figura 4, se tiene la misma orientación en 1999 y 2000). Aquí aparece la cuestión del nivel jerárquico utilizado en el análisis, el indicador “calidad de la dieta” puede ser adecuado para estudiar una realidad a escala nacional, pero oculta la desigualdad de consumo regional, urbano- rural, étnica, por grupo de edad de la población, por ejemplo el 27% de los niños menores de cinco años sufren indicios de desnutrición crónica (SIISE versión 2.5, 2002). Igualmente, un estudio (Ramírez 2002) reporta que la concentración de alimentos según estratos de ingresos entre 1995 y 1999. En 1999, la disponibilidad de alimentos fue 3 veces mayor en el 10% más rico de los hogares que en el 10% más pobre, mientras que esta relación fue de 2.4 veces en 1995.

Figura 4
Calidad de dieta



Fuente: FAO-STAT (2000)

La profunda brecha entre la productividad agrícola del Ecuador y los Estados Unidos y la media latinoamericana avizora malos augurios para la agricultura campesina a futuro por el proceso del ALCA, la discutible zona de libre cambio de las Américas (de la base de datos de la FAO- STAT se desprende que la productividad de la papa norteamericana es 3.5 veces mayor que la ecuatoriana, la zanahoria 4.6 veces, el tomate 6 veces, la cebolla 9 veces, etc).

Indicadores utilizados para caracterizar algunos efectos de los cambios en el uso de la tierra con consecuencias ecológicas

Conceptualizar así como aplicar la noción de *sostenibilidad fuerte* no es una tarea sencilla. La utilización de indicadores físicos e índices es necesaria, pero no es suficiente. Los indicadores físicos e índices deben ser colocados en un contexto espacial y temporal específico, y deben ser consistentes con la formulación del problema a investigar e hipótesis a dilucidar. Esta sección explora la *apropiación humana de los productos de la fotosíntesis* y la *huella ecológica* en el contexto de los cambios en el uso de la tierra. Se debe precisar que existen otros índices e indicadores físicos. Ver recuadro 2.

Recuadro 2
Ejemplos de índices e indicadores físicos de (in) sostenibilidad

Dada la complejidad del término ‘sostenibilidad’, existen varias propuestas diferentes respecto a cuáles indicadores físicos e índices son los mejores. Eugene y Howard Odum han planteado el análisis de “*e-Mergy*”, es decir examinar los sistemas por medio del flujo de energía (el Profesor Howard Odum y Jan Arding tienen un estudio que utiliza el método *eMergy* para evaluar los sistemas de la producción camaronera del Ecuador³³); la fórmula IPAT de John Holdren y Paul Ehrlich (impacto = población x afluencia -como una alternativa al consumo- x tecnología); Charles Hall y otros autores (Cleveland *et al.*, 1984) han aplicado el EROI (siglas en inglés para el *retorno de energía sobre el insumo de energía*), el cual fue el primer indicador físico utilizado en economía ecológica (Matínez-Alier y Roca, 2000: 414.) Existen, además, los índices de contabilidad del capital natural, los cuales son conocidos como *la apropiación humana de los productos de la fotosíntesis*, formulado por Peter Vitousek y sus colegas, y el concepto de la *huella ecológica*, desarrollado por Mathis Wackernagel y William Rees de la Universidad de British Columbia. Otras propuestas son: el concepto MIPS (siglas en inglés para *insumo material por unidad de servicio*) desarrollado por Friedrich Schmidt-Bleek y colaboradores del Instituto Wuppertal de Alemania, el cual es utilizado para apoyar la toma de decisiones hacia un aumento de la productividad material; los indicadores para el flujo de material a través de las economías industrializadas (tales como minerales industriales, materiales de construcción, metales, químicos, combustibles fósiles y la erosión del suelo) difundidos por el World Resources Institute y otros grupos³⁴; los cálculos del espacio ambiental (Johann Opschoor y Amigos de la Tierra.) Adicionalmente, José-Manuel Naredo y Antonio Valero han estudiado profundamente los requerimientos totales de materiales de la economía global³⁵.

33 Odum, H.T., Arding J.E. 1991. "Emergy analysis of shrimp mariculture in Ecuador." Ensayo de trabajo. Coastal Resources Center, Universidad de Rhode Island.

Conocí al profesor H. T. Odum en Porto Venere, Italia, en el marco del International Workshop "Advances in energy studies. Exploring supplies, constraints and strategies", efectuado entre el 23 y 27 de mayo de 2000. El profesor Odum tenía un especial afecto y un real interés por los problemas ecológicos del Ecuador. Lamentablemente, en septiembre de 2002, la ecología perdió a uno de sus más valiosos precursores, y la economía ecológica a uno de sus inspiradores.

34 Por ejemplo: National Institute for Environmental Studies, Center of Environmental Science, Wuppertal Institute de Alemania, Institute for Interdisciplinary Studies of Austrian Universities (WRI, 2000). En la misma línea, se inscribe la Necesidad Total de Materiales (NTM). Este indicador, desarrollado inicialmente por el Instituto Wuppertal, describe la cantidad de recursos totales directos que son requeridos en los procesos de producción de una determinada economía, y a su vez los flujos indirectos u ocultos relacionados con la producción. El estudio realizado en la Comunidad Autónoma del País Vasco constituye una buena aplicación de la NTM (Arto, 2002).

35 Naredo, J.M.; Valero, A. 1999. *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Fundación Argentaria / Visor Distribuciones, Madrid. Ver también: Naredo, J.M., 1998 "Cuantificando el capital natural. Más allá del valor económico". *Ecología Política*, No. 16.

Apropiación humana de los productos fotosintéticos

- Estudios teóricos y empíricos

El artículo de Vitousek *et al.* publicado en *BioScience* en 1986 inició con fuerza el debate sobre la apropiación humana de los productos de la fotosíntesis en el ámbito global, regional y local. El principal resultado de ese estudio fue que cerca del 40% de la productividad primaria neta (PPN) potencial terrestre era utilizada directamente, tomada o coaptada por las actividades humanas. Esta cifra disminuía a 25% si los océanos y otros ecosistemas acuáticos eran incorporados en los cálculos.

La *productividad primaria neta* (PPN) es la cantidad total de materia orgánica asimilada por los productores primarios. Los productores primarios se refieren a los organismos vivos, predominantemente plantas, que convierten la energía de la luz (luz solar) que llega a los ecosistemas en energía química (materia orgánica). Una parte del PPN es liberada dentro de los productores primarios para procesos vitales (respiración). La PPN es la cantidad total de materia orgánica asimilada por los productores primarios menos la energía utilizada por ellos mismos para procesos vitales. Consecuentemente, la PPN es la energía química utilizada para sintetizar biomasa nueva, principalmente biomasa de plantas, que es la materia orgánica disponible para el resto de especies, los heterótrofos, incluyendo los humanos.

Una de las implicaciones del artículo de Vitousek *et al.* (1986) es que una especie (los humanos) concentra los recursos en una dimensión histórica nunca antes acontecida. De tal forma, la apropiación humana de la PPN puede modificar significativamente los flujos de energía de los ecosistemas naturales, disminuyendo la energía disponible para otras especies.

Otros investigadores señalan que la producción primaria requerida para mantener la pesca mundial (caza menos los desechos por caza) ha alcanzado el 8% de la producción primaria marina global (Christensen y Pauly, 1995). Estas estimaciones (media para 1988-1991) fueron mayores a los cálculos previos (Vitousek *et al.*, 1986), y otros estudios para determinados ecosistemas marinos se han acercado a las evaluaciones del sistema terrestre.

Existen aplicaciones prácticas de la PPN en el ámbito local y regional. Por ejemplo, Haberl (1997) ha demostrado que la PPN total sobre el nivel del suelo de la vegetación actual fue 7% menor que aquella de la vegetación natural potencial en Austria. Adicionalmente, el 34% de la producción potencial fue cosechada, lo que dio como resultado una reducción de la PPN total sobre el nivel del suelo, disponible ecológicamente, de 41%. En este estudio, la PPN fue definida como la diferencia entre la PPN de la vegetación hipotéticamente no perturbada y la cantidad de biomasa actualmente disponible en los ciclos ecológicos.

Por medio de una metodología distinta, Garí (1998) confirmó que la apropiación humana mundial de la producción primaria neta alcanzó hasta un 40% durante los 90. Él también estima la PPN y el AHPPN de 40 países, incluyendo el Ecuador (la apropiación humana de la PPN alcanzó el 33% anual durante los 90).

En la metodología de Garí, la PPN es igual a la *productividad primaria neta* (expresada en $g/m^2/año$) para cada categoría que cubre la tierra multiplicado por el área. A pesar de la falta de datos de biomas o ecosistemas para el Ecuador, los números del promedio mundial son utilizados para validar estos resultados. Esto es una limitación, ya que para evaluar la PPN, es necesario desarrollar un modelo de la PPN pertinente al país (G.A. Alexandrov, comunicación personal, 1999). La utilización de datos macro para evaluar realidades micro también es una fuente de incertidumbre (Alexandrov *et al.*, 1999).

Existen otras proposiciones teóricas para medir la intervención humana. Giampietro *et al.* (1992a,b) ha introducido un indicador para evaluar el impacto ambiental, el *capital biofísico* (CB), el cual mide la energía gastada en fotosíntesis (*productividad primaria bruta*³⁶) en la comunidad, más la energía requerida para llevar nutrientes de las raíces al resto de la planta así como para enfriar a la planta (*flujo de agua activo de la planta*).

El CB ha sido propuesto como una alternativa para describir la habilidad del ecosistema para utilizar energía solar para la auto-organización, es decir, para la generación del proceso biofísico necesario para mantener la estructura y función de la biósfera. En los ecosistemas naturales, el capital biofísico está relacionado con la cantidad de biomasa presente por área de superficie ($Kg m^{-2}$) y a su actividad ecológica ($W Kg^{-1}$; la *tasa de disipación de energía por kilogramo de biomasa*). Al multiplicar estos dos factores, se obtiene el indicador $W m^{-2}$, que mide la energía disipada por una comunidad biológica.

El agua es utilizada por las plantas como un insumo directo, necesario en la síntesis de clorofila para mantener el funcionamiento de los tejidos, para transportar nutrientes de las raíces a las hojas, para enfriar y mantener la turgencia de las estructuras vegetativas. Tomando en cuenta la energía requerida para la va-

36 La Productividad Primaria Bruta (PPB) para cada categoría de cobertura de tierra y bioma se calcula de la siguiente manera:

$$(1) PPB = b \times A$$

$$(2) b = [a/(1-R)] \times A$$

Donde b es la PPB de cada categoría de cobertura de tierra o bioma. a es la Productividad Primaria Neta de cada categoría de cobertura de tierra o bioma. R es el cociente de respiración, expresado como porcentaje de PPB. A es el área de cada categoría de cobertura de tierra o bioma.

porización del agua (2.44 MJ Kg^{-1} de agua evaporada a 25° C), se obtiene que el flujo de energía relacionado con el ciclo del agua es un componente principal al definir el nivel de utilización de energía solar de una comunidad natural.

El parámetro PAWF mide el flujo de agua requerido por la planta para poder llevar los nutrientes de las raíces a las hojas, para así poder realizar la producción primaria. Alrededor de 250 g de minerales son requeridos por kilogramo (seco) de productividad primaria. Asumiendo una concentración de 3.1 g l^{-1} , 80.7 Kg de agua, como cifra mínima, deben ser transpirados por la planta por cada kilogramo de productividad primaria.

De acuerdo a Giampietro *et al.* (1992*a,b*), valores altos de *productividad primaria neta* junto con una biomasa con una posición baja, tal como en el caso de la agricultura (con una gran parte de *productividad primaria neta* apropiada por humanos), dan como resultado altos valores de energía disipada por Kg de biomasa ($W \text{ Kg}^{-1}$). Una cifra alta de $W \text{ Kg}^{-1}$ está relacionada con una situación inestable en términos ecológicos.

- Implicaciones de la apropiación humana de PPN para el Ecuador

Desde 1970, la distribución del área total de tierra ha cambiado drásticamente. Una buena parte de los bosques naturales y manglares han sido arrasados y reemplazados por sistemas agrícolas o camaroneras. La industria petrolera se ha expandido y ha ocasionado una deforestación importante de la región de la amazonía. Al mismo tiempo, la tierra apropiada para construcción de infraestructura ha aumentado constantemente. Esto ha significado una creciente apropiación humana de la PPN.

El deterioro del bosque tropical está articulado con la pérdida de biodiversidad. Los ecosistemas de los bosques generalmente poseen mayor eficiencia, mutualidad y biodiversidad (Slack, 1982), en relación a otros sistemas terrestres. De acuerdo a la teoría de energía de las especies de biodiversidad, existe una conexión directa entre el flujo de energía y la riqueza de las especies. Si el flujo de energía es reducido, la teoría de energía de las especies predice una reducción de la riqueza de éstas (Haberl, 1997).

Una pregunta surge de inmediato: ¿Qué significa perder una hectárea de bosque tropical? Si esta hectárea de bosque tropical es reemplazada por una hectárea de cultivo y pastos, implica un menoscabo de biomasa, así como una pérdida de funciones ambientales y servicios. De hecho, cuando los cultivos de alimentos y las haciendas ganaderas del Ecuador han reemplazado los ecosistemas forestales, esto ha significado una alteración del flujo de energía de los ecosistemas naturales. Ver recuadro 3.

Recuadro 3

Impactos ambientales por los cambios en el uso de la tierra

Bosque natural

- Principal característica: mayor *productividad primaria bruta* (PPB) por unidad de área.
- Alto *flujo de agua activo de la planta* (PAWF por sus siglas en inglés).
- Posición de alta cantidad de la biomasa (45 Kg. m^{-2} , de acuerdo a Lieth y Whittaker, 1975: 207.) Esto implica un mayor material genético y más especies presentes por unidad de área, especialmente heterótrofos.
- Baja disipación de energía para sostener 1 Kg de biomasa (aproximadamente 1.2 W Kg^{-1} .) Esto involucra la interacción de una amplia red de diversidad de vida.
- Mayor complejidad/ estabilidad.
- Diversidad de funciones y servicios ecológicos (Southgate y Whitakker, 1984; Pearce, 1996; Fearnside, 1997.) El valor económico ambiental involucra considerar el valor de uso y el valor de no uso (Barbier, 1993, 1994; Pearce y Moran, 1994): 1) el valor de uso: a) *el valor de uso directo* (por ejemplo, recursos forestales, productos pesqueros, productos agrícolas, caza, recreación, oferta de agua dulce, el turismo y recreación), b) *el valor uso indirecto* (se incluyen los servicios y las funciones ambientales y ecológicas tales como la regulación hidrológica, la regulación de microclimas, el control natural de plagas, la retención de sedimentos y control de la erosión, el aporte de nutrientes, la oferta de agua, etc.), c) *el valor de opción* (por ejemplo el valor esperado de la información sobre los beneficios de un activo, tal como los posibles adelantos farmacéuticos desarrollados de una determinada planta en el futuro), 2) los valores de no uso: a) *el valor de legado*, esto quiere decir los valores de uso y no uso del legado ambiental, tales como la prevención de hábitats de cambios irreversibles, y b) *el valor de existencia*, el valor por si mismo de la existencia y continuidad de las culturas humanas.

Monocultivos

- La energía es cambiada de un proceso natural que estabiliza el ecosistema natural, a la producción de alimentos, necesarios para la sociedad humana. Por lo tanto, la principal característica es la mayor producción anual de *kcal* de comida por hectárea. La producción total de cereales (trigo, arroz, cebada, maíz, centeno, avena, soja y quinua) en Ecuador ha pasado de 651 mil TM a 2.1 millones de TM entre 1970 y el 2001, de acuerdo a estadísticas publicadas por la FAO (2002). La producción de cereales aumentó de $1,093 \text{ Kg ha}^{-1}$ en 1970, a $2,257 \text{ Kg. ha}^{-1}$ en el 2001.
- Bajo PAWF.
- Posición de baja cantidad de biomasa (Kg m^{-2}).
- Alta disipación de la energía por Kg de biomasa (aproximadamente 9.1 W Kg^{-1}). Esto significa una alto costo de energía.
- Baja estabilidad para el sistema. Por ello, las tierras agrícolas necesitan fertilizantes, pesticidas, maquinaria, irrigación.
- Pobre en funciones y servicios ecológicos.

La huella ecológica

Wackernagel y Rees han desarrollado el concepto de *huella ecológica (HE)*. La *HE* es una herramienta de contabilidad para estimar el consumo de recursos y los requerimientos de asimilación de desperdicios de una población humana específica (desde un individuo hasta una ciudad o país entero) o economía en términos de una área de tierra y agua ecológicamente productiva.

Las principales categorías de usos de tierra para la evaluación de la *HE* son: energía (tierra apropiada por uso de energía fósil), tierra consumida/degradada (ambiente construido), tierra actualmente utilizada (jardines, tierra cultivable, pastos, bosques administrados) y tierra de disponibilidad limitada (bosques vírgenes y áreas no productivas) (Wackernagel y Rees, 1996).

Una *HE* puede ser evaluada en varios niveles: individual, en el sector de los hogares, regional, nacional y mundial. Primero, el consumo es calculado de acuerdo a una operación espacial particular para cada categoría, que contiene alimentos, vivienda, transporte, bienes de consumo y servicios. En segundo lugar, es necesario convertir los datos de cada categoría de consumo en sus áreas de tierra, correspondientes de acuerdo a la productividad ecológica de tipos de ecosistemas relevantes. En esta operación se expresa la apropiación de la tierra por el uso de energía fósil, ambientes construidos, jardines, tierras cultivables, pastos y bosques administrados, con un sustento en los flujos de recursos y desechos. Esto conlleva a una matriz de consumo-uso de tierra.

Desde comienzos de siglo, la tierra ecológicamente productiva disponible ha disminuido de más de cinco ha, a menos de 1.5 ha por persona (datos de 1994). Al mismo tiempo, la *huella ecológica* per cápita en países ricos como Estados Unidos ha crecido sobre las 4 ha. Esto indica la existencia de déficits ecológicos nacionales en casi todos los países industrializados (Wackernagel y Rees, 1996). Se define a un déficit ecológico como la diferencia entre la huella ecológica y la capacidad ecológica disponible.

Un estudio publicado en 1999, en *Ecological Economics*, por Wackernagel *et al.*, calculó una huella ecológica de 7.7 ha por persona en Canadá. El promedio sueco ocupa un puesto cercano con 6 ha, y el promedio mexicano con 2.6 ha. Estas cifras pueden todavía estar subestimadas con relación a las áreas ecológicamente productivas, verdaderamente necesarias para sostener a las poblaciones respectivas.

Al dividir toda la tierra y mar ecológicamente productivos de este planeta, por el número de habitantes del mismo, se obtiene un promedio estadístico de 2.1 hectáreas por persona, menos de un tercio de lo necesario para acomodar un huella típica canadiense.

El análisis de la *HE* no está libre de controversias. Por ejemplo, Van de Bergh y Verbruggen (1999) han criticado este concepto y sus cálculos, y han concluido que la *HE* no es una herramienta transparente y comprensiva, como frecuentemente se asume. Las principales razones son: la *HE* es demasiado agregada, representa un uso de la tierra hipotético en vez del real, no hace una distinción entre uso de la tierra sostenible e insostenible, no reconoce la ventaja de la concentración espacial y la especialización, y es ciertamente una aplicación sesgada en contra del comercio.

LA *HE* ha sido aplicada por académicos en varios países (Canadá, EE.UU., México, Costa Rica, Uruguay, Reino Unido, República Checa, Chile, Suecia, Suiza, Austria, Alemania, España, Japón, Filipinas, Australia, entre otros), y en varios niveles que incluyen: el global, nacional, municipal, sector de los hogares y en el ámbito de los productos.

Esta sección presenta una aplicación de la *huella ecológica* en Ecuador durante el período de 1970-1998 en el plano nacional. Las principales categorías para la evaluación de HE son: tierra “convertida” en energía (tierra apropiada por el uso de energía fósil), tierra consumida/degradada (ambiente construido), tierra actualmente utilizada: tierra cultivable, pastos y plantaciones. Se discute, además, el efecto del comercio.

- Tierra “convertida” en energía

La tierra “convertida” en energía significa el área de tierra necesaria para absorber el dióxido de carbono liberado por el consumo de combustible fósil per cápita (petróleo y gas natural), asumiendo la estabilidad atmosférica como una meta. Este acercamiento requiere el cálculo de la cantidad de tierra para asimilar el CO₂ fósil.

Las cifras sobre la productividad típica de los bosques templados, boreales y tropicales señalan que el promedio de bosques puede acumular aproximadamente $1.42 \text{ Tc ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Wackernagel *et al.* 1999). Por ende, una hectárea promedio forestal puede absorber anualmente las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de 60 GJ (10^9 joules) de leña, y 73 GJ de petróleo³⁷.

37 Se utilizan los siguientes factores de conversión:

	Kg/boe
	CO ₂
Petróleo	415.63
Leña	501.23

Boe = barril equivalente de petróleo.

Fuente: "Rapid Assessment of Sources of Air, Water, & Land Pollution" como se muestra en OLADE-SIEE (1999).

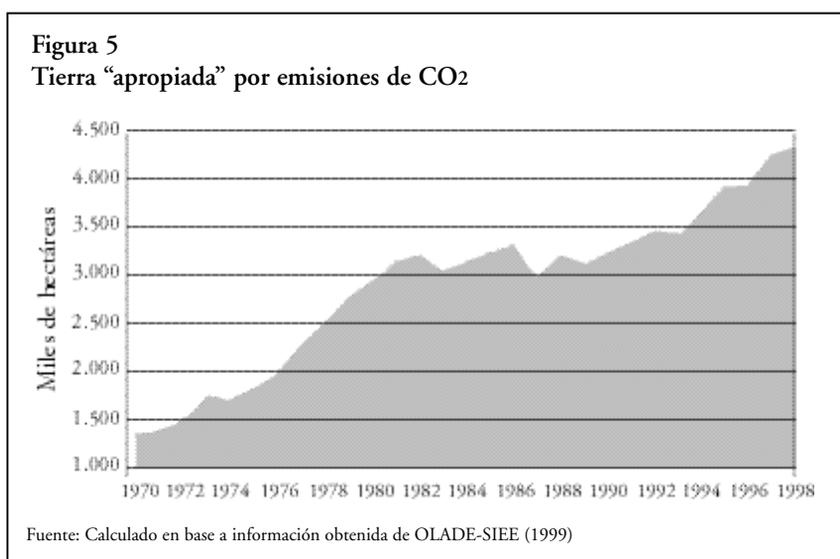
1 boe = 5.81 GJ

1 Tc = 3.67 TCO₂

Supuesto = $1.42 \text{ Tc / ha / año}$

Los patrones del uso de energía han sido analizados en el capítulo 2 de este trabajo. Al multiplicar el uso de cada energético en cada actividad (en barriles equivalentes de petróleo, *boe*), por su respectivo factor de conversión (en *Kg CO₂/boe*), se obtienen las emisiones totales de *CO₂*.

La energía final ha aumentado en una tasa anual de 4% entre 1970-1998, provocando un alza en la tierra “apropiada” por las emisiones de *CO₂*. En 1970, aproximadamente 0.23 ha por persona (1.4 millones de hectáreas) fueron “apropiadas” por emisiones de *CO₂* (incluyendo leña). La tierra apropiada por emisiones de *CO₂* (con leña) fue de 0.36 ha por persona en 1998 (4.3 millones de hectáreas). La figura 5 ilustra la tierra “apropiada” por las emisiones de *CO₂*.



- Tierra consumida (ambiente construido)

De acuerdo a Wackernagel y Rees (1996), la tierra sobre la cual se ha construido ha sido fuertemente erosionada o degradada; de una u otra manera, es “consumida”, pues ya no es ecológicamente productiva. Se toman en consideración dos categorías de tierra construida (los supuestos provienen de los autores citados anteriormente):

1. Tierra construida (0.015 hectáreas por persona de tierra construida).
2. Área construida para energía hídrica. El consumo de electricidad proveniente de energía hídrica³⁸ fue de 1.4 *GJ* por persona en 1998, comparado

con 0.2 GJ por persona en 1970 (OLADE-SIEE, 1999). Al dividir este consumo por un factor de conversión (1000 GJ ha⁻¹ año⁻¹), se obtiene el área construida para energía hídrica.

Aquí se podría también considerar la superficie requerida para la construcción vial y la infraestructura petrolera

- Tierra agrícola

Los cultivos disminuyeron de 0.43 ha por persona en 1970, a 0.25 ha por persona en 1998. Por otro lado, los pastos aumentaron de 0.38 a 0.42 ha por persona durante el mismo período.

- Bosques y plantaciones

Se distinguen entre bosques (sistemas naturales) y plantaciones (sistemas que involucran apropiación humana: “los bosques no son plantaciones”).

- Resultados

La *huella ecológica* se ha incrementado en 6.4 millones de hectáreas en el período de 1970-1998. El crecimiento poblacional ha mantenido la *huella ecológica* per cápita en los mismos niveles (1 ha por persona).

Desde 1970, la composición de la *HE* ha cambiado. La tierra requerida para captar energía se ha incrementado del 22% del total de la *huella ecológica* en 1970, al 30% en 1980, y al 33% en 1998; lo contrario de lo sucedido con la tierra dedicada a cultivos (tabla 10).

Año	Tierra captada para energía	Cultivos	Pastos	Plantaciones	Tierra construida	Total
1970	22%	40%	36%	0%	1%	100%
1980	30%	26%	42%	1%	1%	100%
1990	28%	26%	43%	1%	1%	100%
1998	33%	25%	39%	1%	2%	100%

38 Multiplicando la participación de la energía hídrica en la generación de energía total por el consumo total de electricidad en cada año.

- Los efectos del comercio

Para los cálculos de la *HE* conviene considerar el comercio de productos, para así poder obtener el consumo de una población humana.

Las importaciones “añaden” metafóricamente hectáreas de tierra (calculadas al dividir los productos comerciados por su productividad ecológica global promedio respectiva). El Ecuador importa cereales como el trigo. En 1998, el área cosechada de cereales fue de 1'052,220 ha. Las importaciones de cereales fueron 1,053 mil TM. La productividad mundial fue de $2,995.7 \text{ Kg ha}^{-1}$ (la productividad ecuatoriana fue de $1,955 \text{ Kg ha}^{-1}$). Luego, el área de tierra “agregada” para cereales fue de 351,5 mil hectáreas.

Por otro lado, las exportaciones “restan” hectáreas de tierra. El Ecuador exporta banano, café y cacao, entre otros productos. Así, el área cosechada de cacao fue de 260 mil ha en 1998. Las exportaciones de esta fruta fueron de 27 mil TM. La productividad global promedio del cacao fue de 445 Kg ha^{-1} (la productividad ecuatoriana fue de 135 Kg ha^{-1}). Luego, el área de tierra “restada” por el cacao fue de 61 mil hectáreas (tabla 11).

La “verdadera” *huella ecológica* (HE) de una población debe considerar el comercio exterior. Los países del Norte se apropian de la producción ecológica y de las funciones de soporte de vida de países del Sur a través del comercio exterior. Consecuentemente, las cifras del comercio exterior deberían ser cargadas a la *HE* del país importador.

Temas de discusión

La apropiación humana de los productos de la fotosíntesis (AHPF) y la *huella ecológica* miden los cambios directos de la productividad de un ecosistema y los flujos de energía y recursos de las economías.

El área de la *HE* depende de variables demográficas, económicas y tecnológicas. La *HE* es un buen indicador para determinar parte del consumo humano en términos físicos. De igual forma, permite discutir las derivaciones del comercio.

En cambio, estos indicadores son insuficientes para determinar la *(in) sostenibilidad* de un país o región. En primer lugar, los indicadores agregados no pueden recoger la información ecológica y socioeconómica relevante, necesaria para realizar una evaluación ambiental integrada. Los cálculos de la *HE* son *demasiado agregados* y arrojan como resultado un solo número (una sola dimensión).

Evaluación integrada de los cambios en el uso de la tierra

Tabla 11

La huella ecológica incluyendo el comercio (1998)

Cultivo	Productividad mundial TM/ha	Producción	Importaciones	Variación de existencias	Exportaciones	Consumo	Área "añadida"	Área "restada"	Componentes de la "huella ecológica"
		miles de TM					miles de Ha		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(2)+(3)+ +(4)-(5)	(7)=(3)/(1)	(8)=(5)/(1)	9=(6)/(1)
Maíz	4,42	382	378		23	737	85,5	5,2	166,8
Arroz	3,81	696	98		58	736	25,7	15,2	193,1
Café	0,61	48	2	40	69	21	3,3	113,9	34,7
Cacao	0,45	35	1		27	9	2,2	60,7	20,2
Banano	14,50	4.563	18		4.028	553	1,2	277,7	38,1
Aceite de palma	10,60	271	0	3	14	260	0,0	1,3	24,5
Leguminosas	0,83	48	25		9	64	30,2	10,9	77,4
Papas	16,81	534	4		6	532	0,2	0,4	31,7
Granos secos	6,66	30	1		9	22	0,2	1,4	3,3
Plátano	6,19	466	0		100	366	0,0	16,2	59,1
Cebada	2,26	36	37			73	16,4	0,0	32,3
Trigo	2,63	20	512		1	531	194,8	0,4	202,1
Soya	2,27	10	17			27	7,5	0,0	11,9
Tomate	26,46	65	9			74	0,3	0,0	2,8
Avena	1,74	1	16			17	9,2	0,0	9,7

Fuente: Calculado de los datos obtenidos de FAO- STAT (2000)

En segundo término, estoy de acuerdo con Van de Bergh *et al.* (1999) en cuanto a los problemas en la conversión de las diferentes categorías de consumo en área de tierra. La principal complicación es que, en el consumo físico, los factores de conversión de tierra no corresponden necesariamente a los pesos sociales. Así, se toma como supuesto una tasa fija de sustitución entre las diferentes categorías de presión ambiental. Por ejemplo, la tierra destinada a la infraestructura y la tierra utilizada por la agricultura tienen el mismo peso, a pesar de que la designación de tierra para infraestructura de carreteras podría ser ambientalmente más destructiva.

Otro punto controversial es el cómputo de tierra-energía. LA HE requiere del cálculo de la cantidad de tierra necesaria para asimilar el CO₂. Sin embargo, esta valoración es incompleta. El calentamiento global es el aumento en la temperatura de la Tierra provocado por gases invernadero- principalmente dióxido

de carbono, metano (CH_4), y óxido nítrico (N_2O). El CO_2 es la causa esencial del *efecto invernadero*, pero no es la única fuente.

La *huella ecológica* (y también la *apropiación humana de los productos de la fotosíntesis*) de por sí misma no es tan buena ni mala como se piensa. Con el objeto de aclarar la (*in*) *sostenibilidad* de un país o región, es primordial conocer el tipo de apropiación humana de la producción ecológica.

LA *HE* y la *AHPF* no hacen distinción entre el uso de la tierra *sostenible* e *insostenible*. Con los conceptos de la *HE* y la *AHPF*, es difícil discriminar el tipo de agricultura. En el Ecuador, existe una diferencia en la escala, entre los cultivos orientados al mercado externo y los orientados al consumo interno (tecnología, requerimientos de mano de obra, etc). Las herramientas no cubren estas disparidades.

Un aspecto fundamental es el tipo de información generado por cada indicador y la relación entre los indicadores entre sí. Este será un punto clave para aplicar el *análisis multicriterio*, puesto que los indicadores no pueden ser redundantes. Los dos indicadores agregados (*HE* y *AHPF*) tienen mucho en común. La categoría tierra-energía es una excepción, pero las otras son similares.

Capítulo V

Análisis multicriterio de la economía ecuatoriana

Este capítulo presenta una aplicación de *análisis multicriterio*, con el objeto de examinar los cambios en la economía ecuatoriana, registrados durante el período de 1970-1998. Se entiende por *análisis multicriterio* el examen y la evaluación de un tema de una manera multidimensional, utilizando un conjunto de diversos indicadores, los cuales pueden emitir señales contradictorias de la *sostenibilidad* ecológica y económica del país.

Este capítulo comprende 4 partes: La sección 1 proporciona una visión preliminar del *análisis multicriterio*. La sección 2 presenta el método de NAIADE, la herramienta utilizada para aplicar el *análisis multicriterio*. La sección 3 analiza la aplicación del *análisis multicriterio*, para evaluar las modificaciones en la economía, lo cual implica estructurar información heterogénea a fin de realizar una evaluación de los cambios respecto a indicadores específicos de desempeño. Los indicadores seleccionados para el *análisis multicriterio* son: (1) ambientales; (2) sociales; (3) tecnológicos; y (4) económicos. Se ha estructurado el problema de diferentes maneras, dependiendo de la aplicación del *análisis multicriterio*. La sección 4 contiene las conclusiones.

Análisis multicriterio

La medición del grado de progreso de una sociedad hacia la *sostenibilidad* es importante e involucra un amplio número de elementos, entre los cuales los más significativos son los aspectos ambientales, sociales, tecnológicos y económicos. Si existe un amplio número de elementos que interactúan, entonces la noción de desarrollo sostenible debe ser interpretada en la forma más amplia.

Una consecuencia de incluir varias dimensiones en el *análisis multicriterio* es la imposibilidad de maximizar todas las dimensiones al mismo tiempo (Roy, 1985), lo que algunos autores como Mario Giampietro han denominado la “tragedia del cambio”. Como resultado, más que encontrar “soluciones óptimas”, el decisor de políticas tiene que encontrar “soluciones compromiso” (Martínez-Alier *et al.* 1998).

Una evaluación integrada tiene que basarse en procedimientos que explícitamente requieren integrar diferentes puntos de vista, muchos de ellos contraproducentes. La pregunta clave es si los indicadores ambientales, sociales o económicos son contradictorios entre sí. Hasta ahora, el análisis multicriterio es, en principio, una herramienta adecuada para tomar decisiones que incorporan conflictos sociales y económicos, así como objetivos de conservación del medio ambiente.

Un *problema multicriterio* (con un discreto número de alternativas) puede ser explicado de la siguiente forma: A es un conjunto finito de n acciones posibles (o alternativas); m es el número de diferentes puntos de vista o criterios de evaluación g_i $i=1,2,\dots,m$ considerados relevantes en un problema de decisión, donde la acción de a es evaluada mejor que la acción b (ambas pertenecientes al conjunto A) según el i -ésimo punto de vista, si $g_i(a) > g_i(b)$. En esta forma, un problema de decisión puede ser representado en una matriz de forma tabular. Dados los conjuntos A (de alternativas) y G (criterios de evaluación), y asumiendo la existencia de n alternativas y m criterios, es posible construir una matriz P ($n \times m$) denominada matriz de evaluación o impacto, cuyos elementos típicos son p_{ij} ($i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$) que representan la evaluación de la alternativa j -ésima con el criterio i -ésimo. La matriz de impacto puede incluir información cuantitativa, cualitativa, o ambos tipos de información (Munda, 1995; Martínez-Alier *et al.*, 1998).

La mayor ventaja de los métodos multicriterio es que permiten considerar un amplio número de datos, relaciones y objetivos, generalmente presentes en un problema de decisión específico del mundo real, de tal modo que el problema a manejar puede ser estudiado de una manera multidimensional. Una acción a puede ser mejor que una acción b , de acuerdo a un criterio, y peor según otro. Por tanto, cuando se toman en consideración diferentes evaluaciones en conflicto, un *problema multicriterio* es matemáticamente mal definido.

Un vasto número de métodos multicriterio han sido desarrollados y aplicados para diferentes propósitos de política, en diferentes contextos. Munda (1995) proporciona una perspectiva de estos métodos, algunos de ellos son: el enfoque de la utilidad (MAUT), métodos de superación (outranking), métodos ELECTRE 1, 2, 3 y 4, el proceso analítico jerárquico (AHP), métodos cualitativos y fuzzy, método REGIME. Este caso de estudio se caracteriza por información cuantitativa, por lo tanto, la opción del método *multicriterio* no está rela-

cionado con un método en particular, pues, en principio, todos pueden ser aplicados. Se ha escogido el método NAIADE debido a que este ha sido desarrollado para la *evaluación ambiental integrada* (EIA), lo cual es uno de los principales enfoques de esta investigación. NAIADE también es apropiado para la *modelización* económica-ecológica, ya que incorpora varios grados de precisión con relación a las variables consideradas en esta investigación.

Método NAIADE

Un método creado para las aplicaciones EIA es el conocido como NAIADE, desarrollado por Munda (1995). NAIADE (*Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments*) es un *método multicriterio discreto*³⁹, cuya matriz de impacto (o evaluación) puede incluir medidas claras, estocásticas o indefinidas del desempeño de una alternativa con respecto al criterio de evaluación; por tanto, este método es muy flexible para aplicaciones del mundo real.

En resumen, NAIADE puede proporcionar la siguiente información:

1. Clasifica las alternativas de acuerdo a un conjunto de criterios de evaluación (ej. solución(es) compromiso).
2. Proporciona indicios sobre la distancia de las posiciones de los diferentes grupos de interés (ej. posibilidades de convergencia de intereses o formación de coaliciones).
3. Sitúa las alternativas de acuerdo a los impactos o preferencias de los actores.

La clasificación multicriterio puede ser considerada más “técnica”. Esto quiere decir, por ejemplo, que en un problema de EIA, algunas opciones alternativas pueden ser evaluadas de acuerdo a un conjunto de criterios socio-económicos y ambientales. Estos criterios deben ser escogidos de tal manera que reflejen los valores de los actores (o sus preferencias o intereses) o pueden ser escogidos directamente por los actores afectados. Sin embargo, la determinación de los criterios de evaluación es independiente de las preferencias de estos. Un grupo de interés puede aceptar utilizar un criterio de evaluación que mida los efectos de las diferentes alternativas sobre el empleo, pero la determinación de este indicador no puede (al menos no completamente) ser controlado por ellos (lo mismo se puede aplicar a los indicadores de impacto ambiental). Adicionalmente, la clasifica-

³⁹ Pueden existir varias o pocas alternativas en el *análisis multicriterio*. De hecho, el número de alternativas pueden variar entre 1, cualquier número discreto o infinito.

ción es una consecuencia de considerar todos los criterios simultáneamente (en búsqueda de una solución compromiso).

Al contrario, la calificación de impacto de cada alternativa para cada grupo de interés es mucho más directa. Tal calificación debe ser determinada por el grupo mismo (o, de todas maneras, debe ser una consecuencia directa de sus preferencias). Los conflictos irreconciliables pueden existir entre diferentes coaliciones o incluso entre grupos individuales. El análisis de políticas puede estar condicionado por juicios de valor poderosos, tales como el hacer que todos los actores tengan la misma importancia (¿peso?) ¿Debería una clasificación socialmente deseable ser obtenida sobre la base del principio de la mayoría? ¿Debería concederse algún poder de veto a las minorías? ¿Son importantes los efectos de la distribución del ingreso? Y así sucesivamente.

NAIADE permite dos tipos de evaluaciones. La primera está basada en los valores del puntaje asignado al criterio de cada alternativa y se la ejecuta por medio del uso de una matriz de impacto (alternativas versus criterios). La segunda analiza los conflictos entre los diferentes grupos de interés y la posible formación de coaliciones, dependiendo de las alternativas propuestas (matriz de equidad: evaluación lingüística de las alternativas realizada por cada grupo). En este estudio, se realiza el primer tipo de evaluación.

Aplicación del *análisis multicriterio*

Definición del problema

El objetivo es realizar una evaluación económico-ambiental integrada de la economía, por medio del estudio de las dimensiones ambientales, sociales, tecnológicas y económicas involucradas, utilizando el *análisis multicriterio* para el período 1970-1998. Se mide el progreso de la economía ecuatoriana hacia la (*in*) *sostenibilidad* a través de una variedad de indicadores. Además, se realizan comparaciones con América Latina y El Caribe (ALC) y el promedio mundial.

El hecho de dividir las preguntas relacionadas con la *sostenibilidad* en tres categorías: económica, social y ecológica, se ha convertido en una práctica común. Esta demarcación se refiere, en primer lugar, a la naturaleza del sistema o la peculiaridad que está siendo sostenida y; en segundo lugar, al tipo de unidades utilizadas en la evaluación. Las distinciones son hasta cierto punto convencionales y, claramente, no exclusivas. Lo económico puede ser entendido como parte de lo social, y se puede considerar que la categoría social incluye características del mundo natural, con distintos significados sociales o culturales (Fau-

cheux *et al.*, 1998). Los indicadores de *sostenibilidad* tienden también a ser agrupados bajo estas tres categorías. Dado que estas demarcaciones son muy convencionales y pueden incorporar otras dimensiones, se ha añadido la categoría tecnológica para esta aplicación, considerando relevante para examinar la *sostenibilidad*.

No sería necesario aplicar el *análisis multicriterio* si todos los indicadores son dominantes. En este contexto, el dominio significa que una acción *a* domina una acción *b*, si *a* es al menos tan buena como *b* para todos los criterios que están siendo considerados, y mejor que *b* al menos en un criterio (Munda, 1995).

No obstante, existen signos contradictorios en cuanto a la *(in) sostenibilidad* que solo pueden ser tratados al utilizar indicadores inconmesurables de desempeño pertenecientes a los dominios descriptivos no-equivalentes. Bajo signos opuestos se entiende que algunos indicadores económicos mejoraron (por ejemplo, el PNB per cápita creció de US\$ 870, a US\$ 1,524, dólares constantes de 1995, entre 1970 y 1998), mientras algunos indicadores ambientales empeoraron (por ejemplo, la tierra no agrícola como un porcentaje de la tierra total disminuyó del 83% al 71% en el mismo período). Inclusive, pueden existir tendencias contradictorias entre los indicadores ambientales, entonces: ¿la economía se volvió más o menos sostenible durante este período? Este problema revela la necesidad de emplear un *análisis multicriterio*.

Construcción de la matriz de impacto

Como se mencionó anteriormente, el punto de partida es la creación de la matriz de impacto (criterio/ alternativa). La primera columna contiene los criterios de evaluación, y la primera fila las alternativas.

Definición de indicadores

- La elección de indicadores

Se ha estructurado la información de tal manera que sea posible evaluar los cambios con relación al desempeño de indicadores relevantes. Los objetivos seleccionados son: (1) desempeño ambiental; (2) desempeño social; (3) desempeño tecnológico; y (4) desempeño económico.

Cada indicador (con datos en el ámbito del país) ha sido escogido, debido a que representa un aspecto particular de evaluación por el cual fue selecciona-

do. Al aplicar el *análisis multicriterio*, se priorizan los indicadores que son: robustos, simples de construir, que explican el problema investigado, provienen de fuentes de información confiable y también permiten realizar comparaciones entre América Latina y el promedio mundial. Por esta razón, un número de índices compuestos, tales como el *índice de bienestar económico sostenible* (IBES) o la *huella ecológica* han sido excluidos. En este estudio, aparte de la razón anterior, se ha suprimido la construcción de este tipo de índices, ya que reduce los problemas complejos y multidimensionales, como la *sostenibilidad*, a números simples.

Los indicadores seleccionados son:

Económicos

- PNB per cápita = PNB dividido para la población.
- PEL= *productividad económica laboral* - La tasa de generación de valor agregado por unidad de trabajo humano. La PEL es el valor de la producción final de bienes y servicios de un país al año, medida en términos de valor agregado neto, dividido para las horas de trabajo proporcionadas por la población económicamente activa (PEA). Para calcular los valores de la PEL, se deben conocer datos sobre el *PIB* y sobre la oferta de trabajo. La oferta de trabajo es proporcional a: (1) tamaño de la fuerza de trabajo⁴⁰; (2) desempleo; y (3) carga de trabajo anual de la fuerza laboral.
- Servicio de la deuda externa (como % del *PNB*)= Servicio de la deuda (amortización más intereses) dividido para el PNB.

Carga ambiental

- Tierra agrícola (como % de la tierra total) = tierra agrícola (tierra arable + cultivos + pastos) dividido para la tierra total. El inverso de este indicador es una aproximación de la deforestación⁴¹.
- Consumo de fertilizantes por hectárea de tierra arable = cantidad de fertilizante (nitrógeno + fosfato + potasio) consumido en toneladas métricas en agricultura por un país anualmente, dividido para la tierra arable.

40 La fuerza de trabajo total incluye a personas que cumplen con la definición de *población económicamente activa* de acuerdo a la Organización Internacional de Trabajo: todas las personas que proporcionan trabajo para la producción de bienes y servicios durante un período específico. Incluye tanto los empleados como los desempleados, de acuerdo al Banco Mundial/ BIRF (2000).

41 El incremento o reducción de la tierra agrícola no guarda relación con la calidad ecológica de la misma. Se adopta este indicador por la disponibilidad de información.

- Emisiones de CO₂ per cápita = emisiones totales de CO₂ al año dividido para la población.

*Sociales*⁴²

- Calidad de la dieta = refleja la composición de productos animales utilizados en la dieta. Al dividir la provisión per cápita de *kcal.* de productos animales para la provisión total per cápita de *kcal* (productos animales más productos vegetales), se obtiene la calidad de la dieta.
- Tasa de analfabetismo total adulta = población analfabeta (% de personas desde los 15 años en adelante) dividida para la población total.
- Esperanza de vida al nacer = el número promedio de años que un recién nacido vivirá si las condiciones que determinan la mortalidad permanecen inalteradas a lo largo de su vida.

Tecnológicos

- Consumo de energía per cápita = consumo de energía total dividido para la población.
- Productividad de cereales = la producción por unidad de área.
- TME_{TR} = *tasa metabólica exosomática de trabajo remunerado* – La tasa de consumo de energía *exosomática* por unidad de actividad humana. Como se mencionó en el Capítulo 3, la *tasa metabólica exosomática* (TME) es el consumo final de energía de un país, en un año, dividido por las horas de la actividad humana gastadas en el mismo año. Cuando se usa trabajo remunerado, el consumo final *exosomático* tiene que dividirse por la fuerza laboral, descontando el desempleo.

Algunos indicadores deben ser minimizados (el servicio de la deuda externa como % del PNB, la tierra agrícola como % del consumo total de fertilizantes, emisiones de CO₂ per cápita, tasa de analfabetismo), mientras otros indicadores deben ser maximizados (PNB per cápita, productividad económica laboral, calidad de la dieta, esperanza de vida al nacer, consumo de energía per cápita, productividad de cereales, tasa metabólica exosomática).

¿Por qué se maximiza el consumo de energía per cápita y la TME_{TR} ? Para el Ecuador, en esta etapa de desarrollo, un mayor consumo de energía implica una capitalización de su economía. En el caso de un país desarrollado, esta situa-

⁴² El autor considera que se puede mejorar la selección de los indicadores sociales. Un análisis integrado debería recoger indicadores de calidad y cantidad de la educación (tasa neta de escolarización, la eficacia del sistema educativo), pobreza, desigualdad, etc. Sin embargo, no se cuentan con series de tiempo históricas (1970-1998) para estos indicadores, y esta es una restricción para este estudio.

ción no sería deseable; por el contrario, la situación deseable sería utilizar menos energía en términos tanto absolutos como relativos. Como se examina el Capítulo 2, la relación de energía *exosomática/ endosomática* del Ecuador fue de aproximadamente 6/1 en 1998, mientras que muchos países desarrollados poseen una relación *exo/endo* mayor de 30/1.

También se puede discutir si es apropiado maximizar la calidad de la dieta (*kcal* de productos animales/ *kcal* totales de productos animales y vegetales), considerando que algunas personas escogen una dieta vegetariana; en este caso, se asume que es mejor consumir más alimentos de tipo animal dentro de la dieta. La tabla 1 enseña los indicadores seleccionados.

A continuación, se hace un comentario general con respecto a la correlación, la redundancia y las fuentes de datos de los indicadores.

- Correlación/ redundancia de indicadores

En términos estadísticos, algunos indicadores están correlacionados y pueden parecer redundantes. El PNB per cápita y el consumo de energía se encuentran correlacionados entre 1970 y 1998 (+0.844)⁴³, pero estos dos no son redundantes, ya que hacen posible ver diferentes cosas, o porque expresan descripciones no equivalentes. Para ciertos propósitos, sí son redundantes. Por ejemplo, se puede utilizar el PNB per cápita o el consumo de energía per cápita para saber si Japón es más desarrollado que un país del Sur, pero no se pueden emplear estos criterios si uno desea conocer cuál es su carga ambiental relativa.

La distinción entre PNB por persona y PEL (*productividad económica laboral*), así como entre consumo de energía por persona y TME_{TR} (*tasa metabólica exosomática del trabajo remunerado*)⁴⁴ es crucial, ya que pueden diferir significativamente con relación a las tendencias demográficas. Tan pronto como se pueda buscar una descripción dinámica del sistema (incluyendo tendencias evolutivas), se puede establecer inmediatamente una relación:

$$PNB = f(PEL, \text{razón de dependencia, desempleo, carga de trabajo}).$$

La razón de dependencia es la fracción de la población que puede ser incluida en la fuerza laboral (dependiendo de la tasa de fertilidad, esperanza de vida, edad de retiro del empleo). De esta forma, no es apropiado perder una información valiosa, cuando los indicadores expresan descripciones no equivalentes.

Pero aún más valioso es mantener separado el consumo de energía total y el

43 Utilizo la correlación de Pearson's (una opción del *paquete estadístico para las ciencias sociales*) con datos de 1970-1998. La correlación puede ser aceptada a un nivel de significación del 99%.

44 La correlación entre PNB per cápita y PEL es 0.947, y la correlación entre consumo de energía per cápita y TME_{TR} es 0.956, entre 1970 y 1998 (puede ser aceptada a un nivel de significación del 99%).

Tabla 1 Indicadores seleccionados			
Criterios	Unidad	Tipo de criterio	Tipo de objetivo
PNB per cápita	US\$ constantes 1995	Numérico	Maximizar
Productividad económica laboral	US\$ de 1995 por hora	Numérico	Maximizar
Servicio de la deuda externa (% of PNB)	%	Numérico	Minimizar
Tierra agrícola (% de la tierra total)	%	Numérico	Minimizar
Consumo de fertilizantes por ha de tierra arable	100 gramos por ha	Numérico	Minimizar
Emisiones de CO ₂ per cápita	TM	Numérico	Minimizar
Calidad de la dieta (<i>kcal</i> de productos animales/total de <i>kcal</i>)	%	Numérico	Maximizar
Tasa de analfabetismo, total de adultos	%	Numérico	Minimizar
Esperanza de vida al nacer, total	Año	Numérico	Maximizar
Consumo de energía per cápita	Giga Joule por año	Numérico	Maximizar
Productividad de cereales	Kg por ha	Numérico	Maximizar
Tasa metabólica exosomática de trabajo remunerado	GJ por hora	Numérico	Maximizar

TME_{TR} . De hecho, se puede escribir una relación similar a la anterior (basándose en una perspectiva productiva):

Flujo de energía exosomática total (FET) = f (TME_{TR}, razón de dependencia, de -semplo, carga de trabajo, SOET);

SOET = FE_{HH}/FE_{PW} = infraestructura social en inversiones de energía exosomática en trabajo remunerado;

FE_{HH} = Joules de energía exosomática consumida al año en el sector de los hogares (HH);

FE_{PW} = Joules de energía exosomática consumida al año en trabajo remunerado (TR).

Además, hay otra relación basada en el análisis del consumo:

$$FET = g(EMR_{HH}, SOHA, SOET);$$

EMR_{HH} = tasa metabólica exosomática por hora de actividad humana en HH;

SOHA = infraestructura social del recurso "actividad humana" = horas de no-trabajo por hora de tiempo de trabajo: $SOHA = AH_{HH}/AH_{PW}$;

AH_{HH} = horas de actividad humana invertidas en HH;

AH_{PW} = horas de actividad humana invertidas en TR.

Visiblemente, tiene sentido el mantener esta distinción, si más tarde en el análisis se podría caracterizar un sistema utilizando un conjunto integrado de indicadores (por ejemplo, el perfil de inversiones en energía, la actividad humana, así como la de generación de valor agregado por parte de los diversos sectores de la economía).

La relación entre PEL y TME_{TR} es totalmente diferente. La PEL y TME_{TR} están correlacionadas en términos estadísticos (+ 0.843) y estos dos indicadores son redundantes, ya que la productividad laboral se deriva de la capitalización de la economía. Por esta razón, se elimina la PEL del *análisis multicriterio*, y se mantienen indicadores relacionados con la estructura y características de la sociedad analizada, a pesar de su correlación estadística (PNB per cápita, consumo de energía per cápita y TME_{TR}).

- Fuentes de información

Los datos pueden ser clasificados ampliamente en cuatro grupos: (a) agricultura: los datos sobre la productividad agrícola ("productividad de cereales"), uso de la tierra (tierra agrícola), consumo de fertilizantes y abastecimiento de comida, tanto locales como de ALC, han sido obtenidos del Internet, de la base de datos FAO-STAT de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). La composición del abastecimiento de comida (insumo para el indicador de "calidad de dieta") de América Latina y El Caribe (ALC) es calculada como un promedio de América del Sur y Centroamérica; (b) población: los datos locales e internacionales referentes a temas tales como población y fuerza laboral del sector agrícola provienen del Banco Mundial (CD-ROM); (c) económicos y sociales: los datos locales e internacionales relacionados con temas tales como PNB, PIB, servicio de la deuda, desempleo, tasa de analfabetismo, esperanza de vida se tomaron del Banco Mundial (CD-ROM). Los datos sobre el desempleo entre 1970 y 1986 no se encuentran disponibles (excepto 1974, 1975 y 1976) para el Ecuador; por tanto, se utiliza una tasa fija del 5% durante esos años, basada en cifras estimadas para un número de años durante los 70 y

tomada de varias fuentes. La “carga de trabajo anual” fue calculada utilizando un valor fijo de 1,800 horas por año. Para la esperanza de vida, los datos de años intermedios para el Ecuador, América Latina y el mundo tuvieron que ser calculados por medio de una interpolación; (d) Consumo de energía y emisiones de CO₂: los datos locales y de ALC relacionados con el consumo de energía fueron tomados del OLADE-SIEE (1999). En cuanto a los datos de energía mundial y emisiones industriales de CO₂, se obtuvieron del Banco Mundial. La base de datos se puede consultar en Falconí (2001a).

Comparación en pares de los distintos indicadores

La comparación entre las evaluaciones del criterio de cada par de acciones se realiza por medio de la distancia semántica (en este estudio de evaluación numérica, existe una diferencia entre cada par de números). Esta comparación se basa en las siguientes seis relaciones de preferencia, las cuales deben ser definidas de la siguiente manera:

- >> “mucho mejor que”
- << “mucho peor que”
- > “mejor que”
- < “peor que”
- - “aproximadamente igual a”
- = = “igual a”

La construcción de estas seis relaciones requiere el uso de umbrales (el parámetro C en el método NAIADE) para cada indicador, que se utiliza para diferenciar el rol asignado a cada indicador en la construcción de las relaciones de preferencia. Para esta aplicación, los umbrales de los indicadores de sostenibilidad han sido definidos en una manera subjetiva. La tabla 2 indica, por ejemplo: si el PNB per cápita varía en US\$60 por año (en valores reales de 1995), entonces los indicadores comparados son iguales si el PNB per cápita varía en US\$120 por año, entonces los indicadores comparados son aproximadamente iguales.

Los umbrales se basan en el desarrollo histórico de cada indicador, en un esfuerzo por mantener una consistencia con la realidad social, económica y ambiental del Ecuador, dado que los umbrales se fundamentan en datos empíricos. Un componente subjetivo debe ser aceptado en los *métodos multicriterio*, la ventaja es que lo subjetivo se convierte en explícito (Munda, 1995: 86-87). En este sentido la calidad del proceso es tan preponderante como los resultados a alcanzar.

Tabla 2 Umbral escogidos					
Nombre del Indicador	Unidad	u ==	u ~	u < & u >	u >> & u <<
PNB per cápita	US\$ constantes de 1995	60	120	180	240
Servicio de la deuda (% del PNB)	%	1,0	2,0	3,0	4,0
Tierra agrícola (% de la tierra total)	%	2	4	6	8
Consumo de fertilizantes por ha de tierra arable	100 gramos por hectárea	58	116	174	232
Emissiones de CO ₂ per cápita	TM	0,2	0,3	0,5	0,6
Calidad de la dieta (<i>kcal</i> animal/ total <i>kcal</i>)	%	0,4	0,7	1,1	1,5
Tasa de analfabetismo, total de adultos	%	1,5	3	4,5	6,0
Esperanza de vida al nacer, total	Año	1,2	2,4	3,6	4,8
Consumo de energía per cápita	Giga Joule por año	0,8	1,7	2,5	3,4
Productividad de cereales	Kg por hectárea	100	200	300	400
<i>Tasa metabólica exosomática</i>	GJ por hora	1,0	2,0	3,0	4,0

Definición de alternativas

Se ha estructurado el problema en cuatro maneras diferentes:

Primera estructuración del problema: las alternativas analizadas comprenden desde el año 1970 hasta 1998.

Segunda estructuración del problema: las alternativas tomadas en cuenta son los cinco períodos consistentes con la evolución histórica del Ecuador. El primero es el período anterior al boom petrolero (1970-1971). La segunda etapa (1972-1981) coincidió con la dictadura militar⁴⁴, relacionada con el inicio de la explotación de los recursos petroleros del país. La etapa petrolera empezó con una fase próspera de 1972 a 1981, seguida de una crisis económica durante los 80. El tercer período (1982-1990) fue el de crisis, que se inició con los problemas del endeudamiento externo a partir de 1982 (el país había comenzado a acumular su deuda durante los 70, cuando empezó a exportar petróleo). El cuarto fue un período de recuperación parcial: desde 1991 hasta 1994. Finalmente, el quinto

⁴⁴ La democracia fue reestablecida en 1979, después de siete años de gobierno militar.

período fue el de la crisis financiera, desde 1995 hasta 1998. A comienzos de 1995, el Ecuador tuvo un breve conflicto fronterizo con el Perú, y desde ahí en adelante la inestabilidad política empeoró⁴⁵.

Tercera estructuración del problema: las alternativas consideradas son los datos de Ecuador en comparación con las cifras promedio de América Latina y el Caribe (ALC) y el mundo en los años “mejores” y “peores”, según los resultados de la estructuración del problema 1.

Cuarta estructuración del problema: Las alternativas tomadas en consideración son los promedios del Ecuador, ALC y el mundo en los cinco períodos significativos de la evolución histórica del país.

Resultados

- Diferente estructuración del problema
- *Primera estructuración del problema: las alternativas tomadas en consideración son de los años 1970 a 1998*

De acuerdo a la mayor parte de los criterios examinados ($\alpha = 0.5$, línea de cruce o el límite mínimo de credibilidad), 1994 y 1995 fueron “mejores” en relación a las demás alternativas (estos dos años son incomparables entre sí), y 1972, 1973, 1979 y 1980 fueron “peores” respecto a las otras alternativas (estos años son incomparables). Las relaciones de incomparabilidad se introducen en el *análisis multicriterio* cuando no es posible establecer una relación de preferencia o indiferencia entre un par de alternativas. La comparabilidad puede expresarse como una relación técnica, que aparece cuando hay conflicto entre las alternativas.

El año 1970 ($\alpha = 0.5$) fue mucho mejor que (\gg) 1980 en el servicio de la deuda (como % del PNB), consumo de fertilizantes y emisiones de CO₂ per cápita. El año de 1970 fue mucho peor que (\ll) 1980 en cuanto al PNB per cápita, la tasa de analfabetismo, la esperanza de vida, el consumo de energía per cápita, productividad de cereales y la TME. Claramente, los indicadores ambientales han empeorado, y los indicadores económicos, tecnológicos y sociales han mejorado.

Al estudiar las evaluaciones en parejas, es posible observar entre 1980 y 1990, para un $\alpha = 0.5$, la falta de un indicador mucho mejor o mucho peor respecto a los otros indicadores. El año 1980 fue peor comparado con 1990 en cuanto a la esperanza de vida y la tasa de analfabetismo.

46 En febrero del 1997, el Congreso Nacional depuso al Presidente Abdalá Bucaram e instaló un gobierno interino gobernado por Fabián Alarcón. Jamil Mahuad fue elegido presidente en julio de 1998, y fue subsecuentemente forzado a salir del poder por un intento de golpe militar - civil en enero del 2000, entonces su Vicepresidente, Gustavo Noboa, asumió la presidencia.

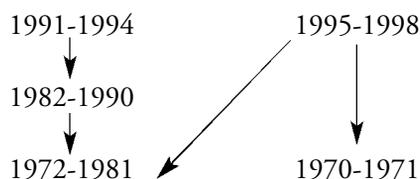
El consumo de fertilizantes fue mucho mejor en 1990 respecto a 1998. El resto de indicadores fueron aproximadamente iguales en estos dos años.

En suma, el año 1970 fue >> que 1998 en el servicio de la deuda (% PNB), tierra agrícola (% de tierra total), consumo de fertilizantes y emisiones de CO₂ (a = 0.5). El año 1970 fue << que 1998 en cuanto al PNB per cápita, consumo de energía per cápita, productividad de cereales, TME, tasa de analfabetismo y esperanza de vida. La calidad de la dieta fue igual entre 1970 y 1998.

El *análisis multicriterio* no revela tendencias contradictorias entre los indicadores ambientales. Los resultados indican un deterioro de los indicadores ambientales entre 1970 y 1998.

- *Segunda estructuración del problema: las alternativas tomadas en consideración son los cinco períodos consistentes con la evolución histórica del Ecuador*

La intersección proporciona como resultado final un ordenamiento previo parcial (o pseudo ordenamiento, pues hay imposibilidad de comparación):



El boom petrolero del 1972-1981 fue peor comparado con 1995-1998, 1991-1994 y 1982-1990 (a = 0.5). La fase 1995-1998 fue incomparable con los períodos de 1991-1994 y 1982-1990. El período de 1995-1998 fue mejor a la etapa anterior al boom petrolero (1970-1971), y también al petrolero.

Las comparaciones en parejas (a = 0.5) muestran que el período petrolero fue mucho mejor (>>) al de 1970-1971 en cuanto al PNB per cápita y la TME. Ningún indicador de la época petrolera fue significativamente peor (<<) al período anterior a este.

La fase comprendida entre 1982-1990 (a = 0.5) fue mucho mejor (>>) al de 1972-1981 en cuanto a consumo de energía per cápita, TME, así como en un indicador social: esperanza de vida. El período de la crisis fue mucho peor que (<<) aquel del boom petrolero en cuanto al indicador del servicio a la deuda (como % del PNB) y a las emisiones de CO₂ per cápita. Ambos períodos fueron iguales en el contexto del *análisis multicriterio* respecto al PNB per cápita.

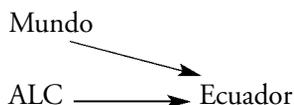
Al analizar las evaluaciones en parejas, es posible observar que para una a = 0.5, no hubo un indicador mucho mejor, mejor, mucho peor o peor que otros indicadores, entre los años 1991-1994 y 1982-1990. La comparación en parejas

entre estos períodos indica que los indicadores fueron aproximadamente iguales. Es un resultado interesante debido a que en 1991 el *PIB real* (en sucres de 1995) aumentó en 5% (el crecimiento más alto de los 90), 3.6%, 2% y 4.3%, en 1992, 1993 y 1994, respectivamente.

La etapa 1995-1998 ($\alpha = 0.5$) fue mucho mejor (\gg) al período de 1991-1994 en cuanto a calidad de dieta. Una vez más, la comparación en parejas entre estos períodos demuestra un comportamiento similar de los indicadores.

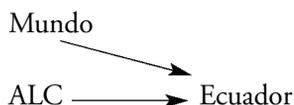
- *Tercera estructuración del problema: las alternativas tomadas en consideración son cifras del Ecuador, América Latina y el Caribe y el promedio mundial, durante los años “mejores” y “peores”*

Se compara el desempeño entre el Ecuador y ALC y la media mundial en 1972 (uno de los “peores” años) y 1994 (el año “mejor”), respectivamente.



Los gráficos de intersección permiten observar que el Ecuador se encontró en peor situación a los promedios del mundo y ALC. Los promedios del mundo y la de ALC son incomparables.

En 1994, la intersección da como resultado final el siguiente ordenamiento previo parcial:



Por segunda vez, los indicadores de ALC y el promedio mundial son nuevamente la mejor alternativa (ALC y el promedio mundial son incomparables).

En 1972, el Ecuador ($\alpha = 0.5$) fue mucho mejor que (\gg) ALC en relación con la tierra agrícola (como % de la tierra total), así como en las emisiones de CO_2 per cápita. El país fue mucho peor que (\ll) ALC en cuanto al PNB per cápita, consumo de energía per cápita, productividad de cereales y la TME (con un nivel de confianza del 50%). En cuanto al indicador de la tasa de analfabetismo (total de adultos como % de personas de 15 años y mayores), la tierra agrícola (como % de la tierra total), consumo de fertilizantes y emisiones de CO_2 , el Ecuador fue \gg que el promedio mundial. Además, en relación con el PNB

per cápita, consumo de energía per cápita, productividad de cereales per cápita y la TME (con un nivel de confianza del 50%), el Ecuador fue << al promedio mundial.

En 1994, el Ecuador ($a = 0.5$) fue mucho mejor que (>>) ALC solamente en relación con las emisiones de CO₂. El país fue mucho peor que (<<) ALC en cuanto al PNB per cápita, calidad de dieta, consumo de energía per cápita y la TME (con un grado de confianza del 50%). El Ecuador fue >> que el promedio mundial en relación con la tasa de analfabetismo (el total de adultos como % de las personas de 15 años y mayores), la tierra agrícola (como % de la tierra total), consumo de fertilizantes así como las emisiones de CO₂. Adicionalmente, el Ecuador fue << que el promedio mundial en cuanto al PNB per cápita, el servicio a la deuda, consumo de energía per cápita, productividad de cereales y la TME.

- *Cuarta estructuración del problema: las alternativas tomadas en consideración son el Ecuador, la ALC y el promedio mundial durante los cinco períodos históricos*

Los indicadores de ALC así como los del promedio mundial son las mejores alternativas durante los cinco períodos (ALC y el promedio mundial son incomparables en todos los casos).

Observaciones finales

El *análisis multicriterio* facilita el estudio multidimensional de la sostenibilidad por medio del uso de diferentes indicadores y de una variedad de unidades de medición, probando que esta herramienta satisface los objetivos perfilados en este libro.

El *análisis multicriterio* permite la conexión entre ecosistemas y sistemas económicos a través de una variedad de indicadores monetarios y no-monetarios, y es consistente con el marco teórico de la investigación, así como con la base sobre la cual la *economía ecológica* se sustenta. Este método proporciona una perspectiva distinta de la realidad del país. Indudablemente, es una alternativa frente al enfoque de la *sostenibilidad débil*.

La aplicación del concepto de *sostenibilidad* es extremadamente complicada y no existe una única manera de tratar el tema. La aplicación de indicadores físicos no implica emplear adecuadamente la *sostenibilidad fuerte*. En el ámbito teórico, existen algunos ensayos interesantes, tales como el realizado por Munda para la Región de Sicilia en Italia (Munda, 1997b), el Reporte de la Agencia Ambiental Europea (Funtowicz *et al.*, 1997) y el análisis de Faucheux *et al.* (1998).

Otros trabajos de *análisis multicriterio* realizados a nivel macroeconómico, se han llevado a cabo en Austria y Alemania (Omann, 2000). Hasta el momento, no se han realizado aplicaciones que examinen las ventajas y desventajas de la utilización de indicadores específicos o que proporcionen alguna indicación sobre cuáles deben ser los “mejores indicadores”, por lo tanto este estudio realiza un trabajo pionero en un campo nuevo. Se trata de un esfuerzo por aplicar el *análisis multicriterio* en el ámbito macroeconómico.

El *análisis multicriterio*, que considero una contribución para la comprensión de la economía ecuatoriana, expresa que muchos años, así como varios períodos históricos son incomparables (ej. 1995-1998 con 1991-1994 y 1982-1990). Las medias de América Latina y el mundo también parecen ser incomparables (no es posible establecer una relación de preferencia o indiferencia). El Anexo 1 ayuda a entender este carácter incomparable, al enseñar la incomparabilidad de los años 1994 y 1996.

Similarmente, varios períodos históricos y años predominan sobre otros (ej. los períodos de 1995-1998, 1991-1994, y 1982-1990 fueron claramente mejores a los años 1972-1981). La última década resalta especialmente, debido a progresos sociales, económicos y tecnológicos, a pesar del debilitamiento de los indicadores ambientales. De esta manera, hay grupos de años mejores, que son incomparables entre sí (1994, 1995, 1996).

Al comparar las distintas fases de la historia reciente, los resultados del *análisis multicriterio* son consistentes con otros acercamientos. Esta es una contribución del *análisis multicriterio*, pues puede ser utilizado como una herramienta complementaria para profundizar la comprensión de la realidad del país. Los resultados muestran una tendencia hacia la expansión económica a lo largo de los 70. Durante los 80, por la crisis de la deuda externa, entre otros factores externos, hubo una caída en el crecimiento económico, de la cual el país nunca se ha recuperado completamente. De hecho, el país recuperó su crecimiento económico a comienzos de los 90, pero sufrió nuevamente una recesión financiera y económica desde 1995 hasta 1998.

Los efectos combinados del servicio a la deuda externa y las variables demográficas, como se explica en el capítulo 3, han tenido un papel crucial al asegurar que el crecimiento económico se envuelva en una curva de retroalimentación negativa. El servicio de la deuda redujo la tasa a la que el país podía capitalizar sus sectores económicos. Un aspecto interesante revelado por el *análisis multicriterio* es que entre 1991-1994, la mayoría de indicadores fue aproximadamente igual a los del período de 1982-1990, por lo tanto las tasas vigorosas de crecimiento de la economía no se tradujeron en mejoras sociales, tecnológicas o ambientales.

El estudio en parejas proporciona información complementaria y facilita el análisis, particularmente al comparar años y períodos, y posibilita examinar el desarrollo del Ecuador, América Latina y el mundo.

Las comparaciones en parejas entre 1970 y 1998 demuestran la tasa de compensación “clásica” del desarrollo económico. Entre 1970 y 1998, los indicadores de desempeño económico mejoraron, excepto el servicio de la deuda. Esto reflejó en una mejora paralela de algunos indicadores sociales (esperanza de vida al nacer y tasa de analfabetismo; la calidad de la dieta fue igual durante estos años bajo el contexto de *análisis multicriterio*). Este logro se sostuvo en una capitalización de la economía (mayores inversiones tecnológicas medidas por la productividad de cereales y la TME) y en un aumento de la tierra agrícola (como % de la tierra total), que se tradujo en la reducción del capital biofísico (especialmente los bosques húmedos tropicales). La dinámica de los 28 años refleja claramente la continua degradación del sistema natural, medida en indicadores, tales como consumo de fertilizantes y emisiones de CO₂.

El análisis multicriterio enseña que el Ecuador se encuentra en una situación peor a la de ALC y la media mundial, a pesar de que algunos indicadores ambientales fueron mejores; incluyendo sus mejores períodos (y años) de desarrollo económico, social, tecnológico y ambiental. Por tanto, a pesar de la extracción a gran escala del petróleo y la producción de otros productos primarios, la trayectoria del desarrollo del Ecuador no tiene signos mayores de diferencia con respecto al resto de países de América Latina. Los resultados parecen ser muy estables. (Ver Anexo 2).

La definición de indicadores, el número escogido, la estructuración de la información, así como el posicionamiento de los umbrales pueden modificar los resultados finales. Cualquier análisis tiene una dimensión subjetiva, lo substancial es presentar los supuestos de una manera transparente, con lo cual se evita el apareamiento de “números mágicos”.

Anexo 1

En el marco del análisis multicriterio, utilizando el método NAIADE, no es posible establecer una relación de preferencia o indiferencia entre algunos años y períodos, tales como 1994 y 1996. El año de 1994 es mucho mejor (\gg) que 1996 en cuanto a emisiones de CO₂ per cápita y mucho peor (\ll) en cuanto a calidad de la dieta.

Con el objetivo de explicar la incomparabilidad, se utiliza una Representación Integrada Multi-Objetivo (RIMO) de los cambios registrados en la sostenibilidad del Ecuador para 1994 y 1996 (gráficos 1 y 2). Los indicadores están estandarizados a valores entre 0 y 1; por lo tanto, este es un asunto técnico diferente comparado con el análisis multicriterio, donde los indicadores no están estandarizados. Por esto se incluye la productividad económica laboral en los gráficos.

Los indicadores se estandarizan (serie de datos desde 1970 a 1998) a valores entre 0 y 1, por medio de:

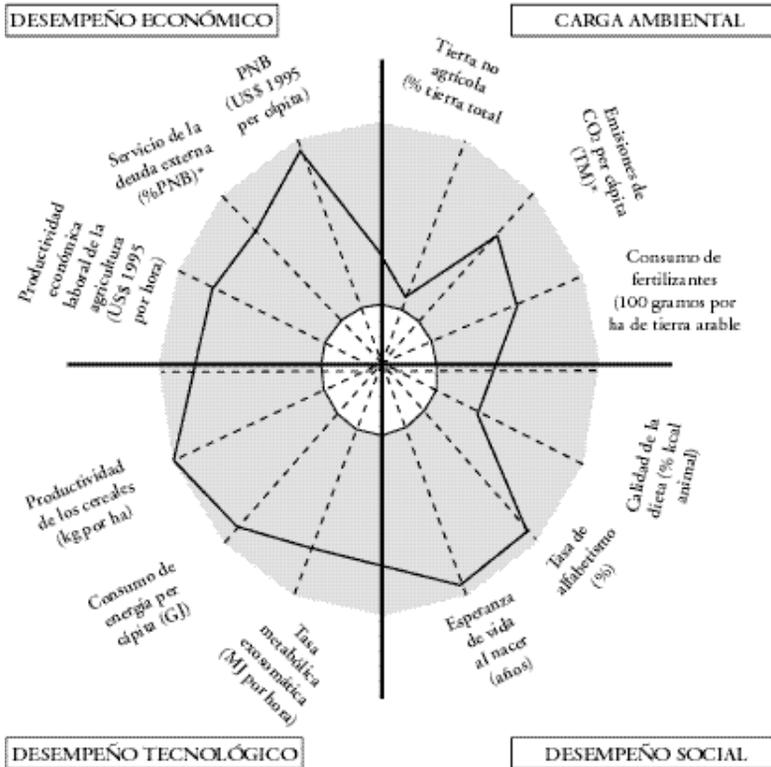
$$(1) \quad X \longmapsto \left(\frac{X - X_{\text{MIN}}}{X_{\text{MAX}} - X_{\text{MIN}}} \right)$$

El desempeño de los indicadores debe ser interpretado como: malo, 0; bueno, 1. Cuando el tipo de objetivo de un indicador es “minimizar”, o cuando el valor más alto representa una situación no deseada (ej. servicio de la deuda como % del PNB), la estandarización se la realiza de la siguiente manera:

$$(2) \quad X \longmapsto 1 - \left(\frac{X - X_{\text{MIN}}}{X_{\text{MAX}} - X_{\text{MIN}}} \right)$$

Estos indicadores deben ser interpretados como la inversa del indicador original (ej. % de tierra no agrícola en vez de % de tierra agrícola, tasa de alfabetismo en vez de tasa de analfabetismo, etc).

Gráfico 1
Representación Integrada Multi Objetivo
Ecuador 1994



0 = Mal desempeño de los indicadores.

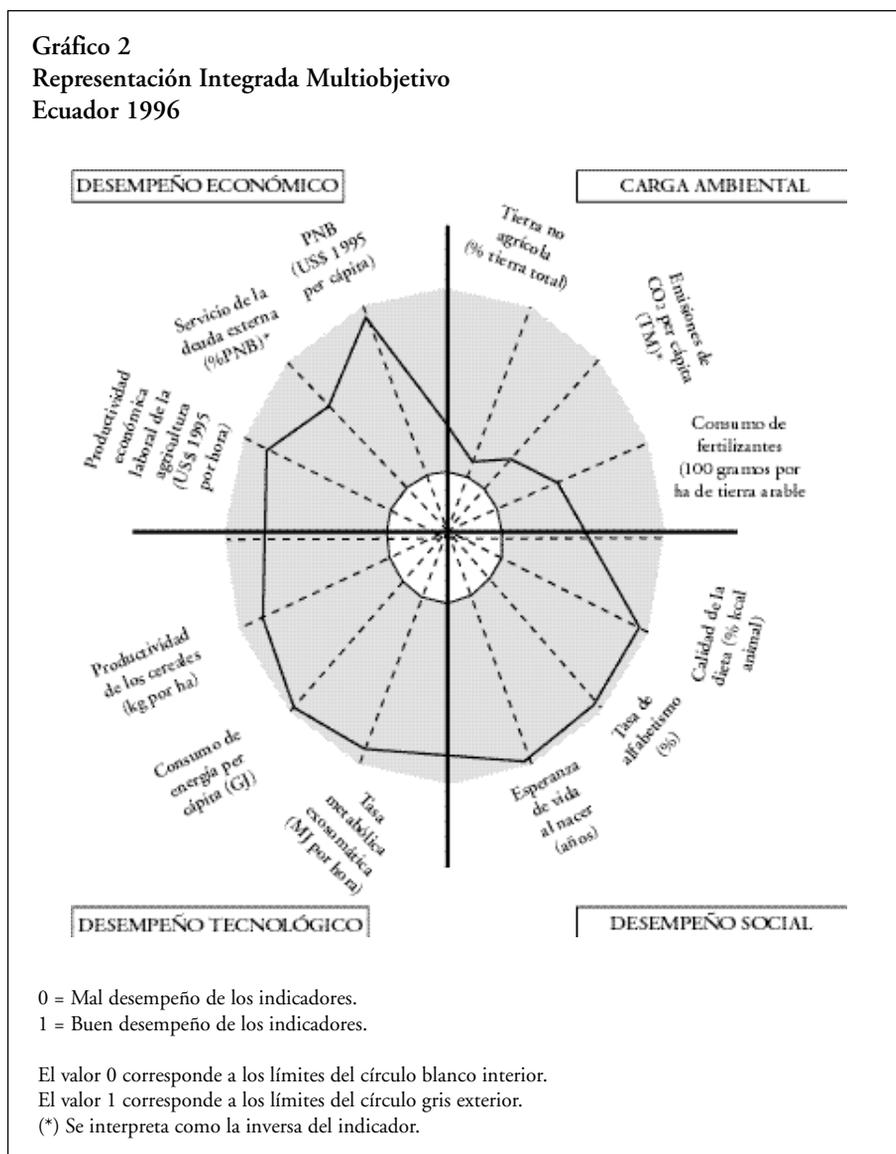
1 = Buen desempeño de los indicadores.

El valor 0 corresponde a los límites del círculo blanco interior.

El valor 1 corresponde a los límites del círculo gris exterior.

(*) Se interpreta como la inversa del indicador.

Gráfico 2
Representación Integrada Multiobjetivo
Ecuador 1996

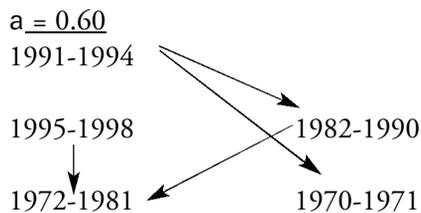
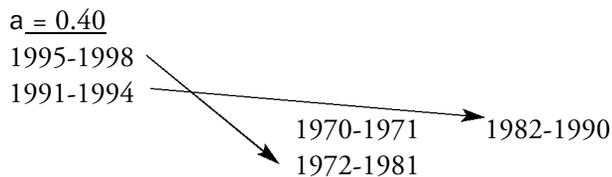
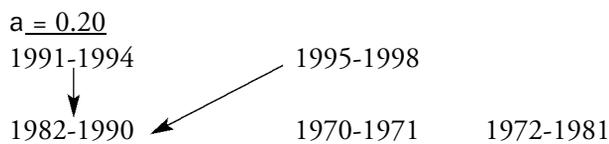


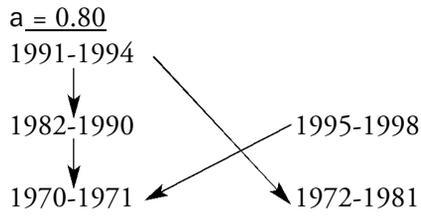
Anexo 2

- Análisis de Sensibilidad

El parámetro a , que tiene un rango de 0 a 1, indica el grado de credibilidad (confianza) para aceptar una relación determinada como verdadera. Al cambiar el parámetro a , utilizado en el proceso de agregación, este proceso deviene en el denominado análisis de sensibilidad (ver Munda, 1995, capítulo 9).

Si a es igual a cero o uno, no es posible proporcionar una discriminación entre los indicadores. Cuando a aumenta, solo los valores con una alta intensidad de preferencias o indiferencias son utilizados. La herramienta de análisis de sensibilidad es particularmente valorable para proporcionar resultados vigorosos. Respecto al estudio de los períodos históricos del Ecuador, el análisis de sensibilidad (diferentes valores de a) proporciona las siguientes intersecciones:





Las flechas indican la intersección de los períodos históricos. El análisis de sensibilidad muestra resultados estables: los períodos de 1991-1994 y 1995-1998 son los mejores períodos (entre sí son incomparables). En cuanto a la comparación entre el Ecuador, ALC y el promedio mundial internacional, el análisis de sensibilidad arroja resultados vigorosos y estables.

Capítulo VI

Conclusiones

El objetivo central de este libro ha sido aplicar la noción de *sostenibilidad* (tanto en el sentido “débil” como “fuerte” del término). Este estudio también ha proporcionado una descripción de la estructura económica del Ecuador (incluyendo sus aspectos ambientales) entre 1970 y 1998. Las conclusiones finales tienen como hilo conductor estos dos puntos.

Esta investigación discute la pertinencia de utilizar indicadores de *sostenibilidad débil*, especialmente los ajustes monetarios que pretenden “enverdecer” al PIB, y sugiere el uso de indicadores de *sostenibilidad fuerte*. Los conceptos de *sostenibilidad débil* y *fuerte* son aclarados y aplicados mediante el uso de un conjunto de indicadores monetarios y no-monetarios. Se argumenta que el uso de indicadores monetarios y no monetarios debe formularse de acuerdo al problema específico a tratar. Las señales contradictorias en cuanto a la (*in*) *sostenibilidad* de una región específica o país se enfrentan mediante el uso de indicadores incommensurables de desempeño, pertenecientes a dominios descriptivos no equivalentes. Por tanto, encontrar un solo índice físico sintético o monetario de (*in*) *sostenibilidad* se vuelve casi imposible.

La clasificación o el encasillamiento de conceptos es una tarea muy riesgosa. Este análisis ha sido dividido en dos partes: la sostenibilidad “débil” y la sostenibilidad “fuerte”, ya que desde mi punto de vista esto permite una discusión apropiada del concepto de *sostenibilidad*. Sin embargo, existen otros medios alternativos de clasificación (por ejemplo, una investigación de este tipo puede enfocarse en indicadores multidimensionales versus indicadores unidimensionales).

La aplicación de la noción de *sostenibilidad* en el sentido “débil”

La *sostenibilidad* en cuanto se usa el término *débil* implica asumir que el capital económico y el “capital natural” son sustitutos. Cabe mencionar que el argumento en contra de la utilización del *PIB* como un indicador de bienestar, aunque no es nuevo, es todavía aplicable y válido. Existe un consenso internacional sobre la debilidad del *PIB* como indicador de bienestar lo que ha llevado a la introducción y utilización de nuevos indicadores, tales como el *índice del desarrollo humano* utilizado por las Naciones Unidas o el *índice de bienestar económico sostenible*, propuesto por Daly y Cobb.

En ciertos contextos, el *PIB* es un indicador pertinente para medir lo que sucede en la economía. El problema radica cuando, en el intento de realizar ajustes o “enverdecer” las cuentas nacionales, los conceptos se mezclan y, aun más allá, se sobreponen tiempos diferentes de producción: los bienes económicos generalmente requieren un tiempo de producción corto, mientras que el patrimonio natural, sus funciones y servicios ambientales se gestan en un período geológico muy largo. La sobreposición de tiempos de producción distintos significa una crítica aguda a la *sostenibilidad débil*.

Los indicadores de *sostenibilidad débil* buscan emitir ciertas señales de lo que sucede dentro de la economía. Si un país muestra unos ahorros genuinos negativos a través del tiempo, este es un síntoma de que la economía se mantiene a costa del deterioro de sus recursos naturales, e indica que su trayectoria hacia el desarrollo será insostenible a futuro. Una política coherente para este país sería buscar la diversificación de su producción.

Sin embargo, una de las conclusiones principales de esta investigación es que existe un obstáculo conceptual (así como técnico) en la medición del capital natural, lo cual impone un límite muy significativo a los indicadores de *sostenibilidad débil*. Para aplicar el *método de depreciación*, es necesario calcular el cambio neto de los stocks físicos en términos monetarios, asunto imposible pues el mercado desconoce o subvalora las funciones y servicios ambientales.

El *método del costo del uso* ha sido aplicado. Este método separa el ingreso en ingreso real y costo del uso, este último debe ser dejado a un lado, con el propósito de crear un flujo permanente de ingresos. Este argumento es importante para el Ecuador, ya que el petróleo constituye el soporte así como la fuerza de impulso de la economía. Es igualmente relevante, debido a la discusión mundial sobre la necesidad de cambiar hacia otras fuentes de energía más limpias, como la solar o la eólica. Como resultado del análisis, una política muy coherente sería la de imponer impuestos ambientales a las exportaciones de petróleo. Al utilizar el *método del costo del uso*, es necesario asumir una determinada tasa de des-

cuento. Mi argumento es que existe una relación circular entre el ajuste verde del *sistema de cuentas nacionales* y la tasa de descuento bajo la noción de que la tasa de descuento debe reflejar la tasa de crecimiento “sostenible” de la economía. Pese a que este estudio mantiene un escepticismo respecto a la aplicación de indicadores de *sostenibilidad débil*, se sugiere la utilización de escenarios como una alternativa para lograr desbloquear el impasse en este debate. Al respecto, distintas tasas de descuento pueden ser utilizadas para obtener el ingreso real y el costo del uso. De esta manera, sería posible examinar las decisiones políticas de una forma más adecuada.

La discusión sobre *sostenibilidad débil* ha provocado que el Banco Mundial elabore estadísticas de los denominados ahorros genuinos. Existen, aquí, las mismas debilidades en cuantificar la depreciación del capital natural, y un limitado conjunto de externalidades negativas como el daño causado por las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). La aplicación de los ahorros genuinos establece que la economía ecuatoriana fue “débilmente” sostenible durante la década de 1970. En los años 80, el ahorro genuino neto disminuyó, a causa de la crisis económica que llevó a una *insostenibilidad débil*. En tanto, en los años 90, la economía fue “débilmente” sostenible (excepto durante 1995), dado que los agregados macroeconómicos mejoraron en términos relativos. La derivación de los cálculos es que existe una senda hacia la *sostenibilidad débil*, lo cual es bastante polémico.

Establecer otros indicadores de *sostenibilidad débil* (como el *índice de bienestar económico sostenible, IBES*) tiene la ventaja de simplificar la información y, por tanto, son más impresionantes, ya que pueden ser visualizados más fácilmente por ciertas audiencias y por el público en general. No obstante, los indicadores sintéticos están severamente limitados por la forma en que reducen el problema de la sostenibilidad a números simples, cuando de hecho su análisis es complejo y multidimensional. El IBES tiene la particularidad de amplificar los problemas prácticos y teóricos de los indicadores de la *sostenibilidad débil*, pues una gran parte de la información no está basada en mercados convencionales (por ejemplo, el cálculo monetario de ciertos costos ambientales) y, por tanto, se realizan una serie de supuestos muy débiles.

Una gran limitación de los indicadores de *sostenibilidad débil* es la forma en la cual los indicadores son calculados. Esto rebasa cualquier intento por valorar el capital natural y por definir la política ambiental. El primero es un tema discutido a través de toda la investigación. Igualmente, puesto que muchos de los cálculos son muy complicados para que la sociedad pueda analizarlos, los resultados son manejados y están disponibles sólo para un pequeño grupo de expertos y, por consiguiente, la discusión no incorpora a actores relevantes.

En tal virtud, el postulado de la ciencia post-normal divulgado por Funtowicz y Ravetz (1997) es sugestivo. Los problemas ambientales son com-

plejos, emergentes, profundos y sus potenciales efectos son inciertos (la pérdida de biodiversidad, el menoscabo de la cantidad y calidad de las fuentes de agua, el efecto invernadero, etc.). Puesto que su comprensión rebasa con creces el campo de la ciencia aplicada en el sentido Kuhniano, se requiere un nuevo concepto de calidad, y una participación más activa de todos los actores de la sociedad (la comunidad de evaluadores extendida).

La aplicación de la noción de *sostenibilidad* en el sentido “fuerte”

Los indicadores físicos de la *sostenibilidad fuerte* proveen signos más vigorosos respecto a la *sostenibilidad*. Los indicadores físicos también proporcionan una manera más fácil para detectar puntos de conflicto a ser tratados dentro del ámbito de la política ambiental.

La creación de indicadores compuestos de *sostenibilidad fuerte*, como la *huella ecológica* o la *apropiación humana de los productos de la fotosíntesis* (AHPF), puede conducir a problemas. Los indicadores compuestos de *sostenibilidad fuerte* comparten el mismo inconveniente de aquellos de *sostenibilidad débil*, ya que el reducir los resultados a un solo número conlleva a la pérdida u omisión de información muy útil. Al mismo tiempo, muchos de los componentes de la *huella ecológica* y el AHPF proporcionan la misma información y pueden ser redundantes.

El establecer indicadores de *sostenibilidad fuerte* es socialmente más transparente. Ahora bien, los resultados obtenidos solamente de indicadores físicos no permiten examinar el problema como un todo; así, se experimenta la necesidad de integrarlos. Por este motivo, se requiere la aplicación de una *evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* para estimar los cambios registrados; así como el uso del *análisis multicriterio* como un medio para evaluar conjuntamente la *sostenibilidad*. Esta es una contribución de la presente investigación.

La *representación integrada de múltiple objetivo*, la *evaluación ambiental integrada de múltiple escala del metabolismo social* y el *análisis multicriterio* empleados en este libro integran los hallazgos de diferentes disciplinas, como la (macro) economía y el análisis bifísico. Por tanto, esta investigación reafirma el hecho de que los métodos y herramientas proporcionados por la *economía ecológica* son válidos para interpretar la realidad, sus problemas y situaciones específicas.

Varios indicadores de *sostenibilidad fuerte* han sido calculados. El trabajo lleva a otra conclusión: los indicadores de *sostenibilidad* seleccionados emiten señales contradictorias respecto a la *sostenibilidad* o *insostenibilidad*. Por ejemplo, Ecuador es ahora un país autosuficiente en cuanto a energía, pero la tasa de producción de energía primaria y el consumo de fuentes de energía no renovables se

ha incrementado considerablemente, por lo cual puede revertirse esta situación a futuro.

El análisis de la *huella ecológica* muestra que el Ecuador tiene un territorio más grande que ésta. Sin embargo, en términos absolutos, la *huella ecológica* se ha incrementado en 6.4 millones de hectáreas durante el periodo de 1970-1998.

La *huella ecológica* lleva a examinar las repercusiones del comercio exterior en el medio ambiente, y esta es una contribución de este estudio. Como ha sido mencionado, la historia económica del Ecuador ha estado unida a la exportación de determinados recursos naturales primarios. Si bien han reducido su participación en las ventas totales en los años noventa (en términos monetarios), el país aún se especializa en recursos naturales primarios, los cuales representaron el 73% del total de las exportaciones en el año 2001 (Banco Central, 2002). De ese total, sólo tres productos: petróleo crudo, banano y camarón significaron el 60% de las exportaciones.

El punto clave es si los procesos productivos ligados a la exportación tienen impactos ambientales, o dicho de otra manera tienen una “memoria ambiental” (contaminación, deforestación), tal como ha sido documentado en diversas investigaciones. Así, el crecimiento del uso de tierra agrícola no se ha detenido en últimos años (este indicador es un proxy de la deforestación, sobre todo cuando no hay datos fiables de biodiversidad, stocks forestales, o de la tasa de deforestación de bosques primarios o regeneración de bosques secundarios) y además se observa un decremento de la calidad del suelo.

El incremento en la oferta exportable, tal como ha ocurrido con las exportaciones evaluadas en toneladas métricas de flores, madera, atún en los años noventa tiene las siguientes implicaciones:

- Existe una mayor presión para incrementar las tasas de producción y extracción de los recursos renovables y no renovables. Esto reduce el capital natural para las siguientes generaciones especialmente si no se reinvierte en la conservación y uso adecuado de los recursos naturales.
- Los productos son exportados a precios que muestran un deterioro histórico, situación advertida por ideólogos del desarrollo como el argentino Raúl Prebisch, y por otra parte son vendidos a precios internacionales que no incorporan las externalidades negativas envueltas en la producción. Algunos ejemplos muy claros son: la explotación del camarón, que ha provocado la destrucción de un ecosistema único, el manglar; la exportación de madera tropical, una de las causas de las altas tasas de deforestación; la exportación de bananas y flores con impactos a la salud en los trabajadores especialmente mujeres involucradas en la producción; la agresiva actividad palmicultora en Esmeraldas, etc.

El desarrollo de la producción agrícola se basa en incrementar los requerimientos de la energía fósil, lo cual involucra una carga ambiental añadida. Se detecta un aumento sostenido de insumos agrícolas (número de máquinas, hectáreas de tierra irrigada, toneladas de fertilizantes) durante los últimos 28 años, en definitiva: más *kcal* de energía fósil para producir *kcal* de alimentos.

Al aplicar la *evaluación integrada de múltiple escala del metabolismo social* a la historia económica reciente, se puede interpretar la crisis de los años ochenta como generada por dos factores: (1) La necesidad de una rápida capitalización durante la década de 1970 para extraer una gran ventaja del boom petrolero, conllevó a una seria crisis de la deuda externa durante la siguiente década. (2) El rápido crecimiento de la población durante la década de los sesentas y especialmente en los setentas debido a las mejores condiciones económicas. El servicio de la deuda, entre otros factores, redujo la velocidad a la que el país podía capitalizar sus sectores económicos, al mismo tiempo que la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo que entraba al mercado de trabajo alcanzó su pico. Y es que el pago de la deuda no solo significa un pago monetario sino la necesidad de generar un excedente (la producción ha de ser mayor que el consumo) y un esfuerzo físico (extraer recursos naturales a una velocidad mayor). Este concepto fue demostrado por Schatan, 1998 (véase también Falconí, 2001*b*).

Los resultados del *análisis multicriterio* muestran claramente la “clásica” compensación del desarrollo económico. Entre 1970 y 1998, los indicadores de desempeño económico mejoraron. Esto se alcanzó en base a la “capitalización” de la economía (inversión tecnológica que resultó en el incremento de los insumos de energía) y una dramática reducción del capital biofísico (incluido bosque húmedo natural). Esto significa una reducción de una biodiversidad única que no puede ser reproducida una vez perdida (estoy de acuerdo con quienes son reacios a dejarse encandilar por las tecnologías prometeicas).

El *análisis multicriterio* (cuya aplicación es una contribución significativa para la comprensión de la economía) muestra que el Ecuador se encuentra, en promedio, en una situación incluso peor a la de Latinoamérica o el mundo. A pesar de la comercialización del petróleo, y otros aspectos específicos, el desarrollo del país no muestra ninguna diferencia mayor con el resto de países latinoamericanos. La historia reciente latinoamericana también revela que el énfasis ha estado dirigido hacia el crecimiento económico, a expensas del deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

Investigaciones futuras

Este trabajo provee una base para otras investigaciones. No se puede obtener demasiado a futuro a partir del refinamiento de estudios relativos a la *sostenibilidad* “débil”, o mejorando indicadores como los “ahorros genuinos” o el IBES. Sin embargo, reconozco que puede ser interesante comparar los indicadores de *sostenibilidad* “débil” y “fuerte” obtenidos con otros países con patrones similares (o diferentes) en tiempo y espacio.

Este libro realiza una contribución al estudio de la utilización de energía. Por ejemplo, se establece una serie temporal del índice de exo/endo así como de otros indicadores de energía. Se investiga de una manera breve la *apropiación humana de los productos de la fotosíntesis* (AHPF) y la *huella ecológica* con relación a los cambios en la utilización de la tierra. El debate sobre la AHPF y el desarrollo de la *huella ecológica* son intentos para examinar la construcción de la *sostenibilidad fuerte*. Se debe tener en cuenta que existen otros indicadores dentro de la llamada “*sostenibilidad fuerte*” tales como el concepto IMUS (Insumo Material por Unidad de Servicio) o el Flujo de Materiales. El establecer estos indicadores o índices y sus aplicaciones va más lejos del alcance de este trabajo y requiere los esfuerzos de un equipo inter y multidisciplinario. En el futuro, estudios más extensos deben ser llevados a cabo para desarrollar indicadores físicos como una forma de enriquecer el análisis macroeconómico multicriterio.

Las políticas de “desarrollo sostenible” se deben definir sobre la base de un conjunto de indicadores de *sostenibilidad*. Se cae otra vez con el problema de que los indicadores pueden proporcionar mensajes contradictorios con respecto a la *sostenibilidad*, y por ende conducir a errores en la toma de decisiones en la política ambiental. Para superar estos conflictos, la calidad del proceso y la participación de los actores en la toma de decisiones se convierte en un asunto central. El *análisis multicriterio* también ayuda a mejorar las interpretaciones, pues permite aproximarse al problema desde diferentes ángulos, así como desde perspectivas e intereses opuestos. Los actores concernientes al tema tienen diferentes puntos de vista en cuanto a los indicadores. Los indicadores pueden variar, dependiendo si los actores evalúan lo que es o no relevante. El objetivo de este estudio ha sido “técnico”, para mejorar la evaluación económico-ambiental integrada, la participación de los actores es necesaria.

Este libro argumenta que la aplicación del *análisis multicriterio* a la evaluación macroeconómico-ambiental es una herramienta práctica y útil. Obviamente, el número de criterios (indicadores) afectará los resultados. Dado que es la primera vez que se realiza un *análisis multicriterio* de la sostenibilidad del Ecuador, se abre el camino para investigaciones futuras. Los cálculos pueden ser realizados utilizando otros indicadores de desenvolvimiento, en igual forma se pue-

de examinar la consistencia de los resultados obtenidos. Por tanto, se pueden utilizar otros indicadores debido a que muchos de ellos son relevantes internamente, pero no son aplicables a otras realidades. De la misma manera, otros estudios pueden ser aplicados sobre la base de una mejor precisión de los indicadores económicos, sociales y ecológicos. El problema de la evaluación ambiental también puede ser estructurado de diferentes maneras. Una de las ventajas de los diferentes métodos del *análisis multicriterio* es precisamente su flexibilidad para adaptarse a situaciones diferentes, dependiendo de los intereses de los actores, en cualquier momento dado.

Espero que estas ideas contribuyan a profundizar un debate actual y necesario respecto a la sostenibilidad, y a la relación tan compleja y tormentosa entre crecimiento económico y medio ambiente.

Nota: Este libro se terminó en octubre de 2000. Salvo excepciones (más bien asociadas al diagnóstico), el autor no ha realizado una actualización de la información, por considerar que las principales conclusiones no se alteran.

Bibliografía

- Aguilera Klink, F., ed.
1995 *Economía de los recursos naturales: Un enfoque institucional*. Fundación Argentaria/Visor distribuciones. Madrid.
- Alexandrov, G.A., Oikawa T., Esser, G.
1999 “Estimating terrestrial NPP: what the data say and how they may be interpreted?”. *Ecological Modelling* 117: 361–369.
- Ayres, R.
1995 “Economic growth: politically necessary but not environmentally friendly:”, *Ecological Economics* 15 (1995). 97-99.
- Azar, C., Sterner, T.
1996 “Discounting and distributional considerations in the context of global warming”. *Ecological Economics* 19: 169-184.
- Banco Central del Ecuador.
1996 *Cuentas Nacionales del Ecuador 1972-1995*. No. 18. Dirección General de Estudios. Quito.
- Banco Central del Ecuador.
2000-2002. *Información Estadística Mensual*. Dirección General de Estudios. Varios números. Quito.
- Banco Mundial.
1992 World Development Report, 1992: “Development and the Environment”. Banco Mundial. Washington D.C.
- Banco Mundial.
1996 “Accounting for Natural Resources in Ecuador”. Banco Mundial. Washington D.C.
- Banco Mundial/Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (IBRD).
2000 “World Development Indicators”. CD-ROM.

- Barbier, B., Burgess, C., Markandya, A.
1991 "The Economics of Tropical Deforestation". *AMBIO* Vol. 20, No. 2.
- Barbier, E. B.
1993 "Valuing Tropical Wetland Benefits: Economic Methodologies and Applications." *Geographical Journal*, Part 1, 59 (Mar.): 22-32.
- Barbier, E. B.
1994 "Valuing Environmental Functions: Tropical Wetlands." *Land Economics* 70(2): 155-73.
- Bergh, J. Van den, Verbruggen, H.
1999 "Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'". *Ecological Economics* 29: 61-72.
- BID, Banco Interamericano de Desarrollo, CONADE (Consejo Nacional de Desarrollo).
1997 "Las cuentas ambientales en el Ecuador". Programa Apoyo Institucional a la Planificación Ambiental. Quito.
- BP-Amoco Energy Statistics.
1999 Statistical Review of World Energy.
- Bunker, S.
1996 "Materias primas y la economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industrial". *Ecología Política* 12: 81-89.
- Burbano, R.
1996 "Los costos ambientales y la pauta intertemporal de extracción de petróleo en el Ecuador". Tesis de Maestría en Economía 1993-1995. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). Quito.
- Cabeza, M.
1996 "The concept of weak sustainability". *Ecological Economics* 17: 147-156.
- Cañadas, L.
1983 *El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador*. Banco Central del Ecuador. Quito.
- Carvajal, F.
1995 "Corrección de la Contabilidad Nacional por Efectos Ambientales, Según el Método de Salah El Serafy: El caso del petróleo ecuatoriano". Tesis de Maestría en Economía 1993-1995. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). Quito.

Bibliografía

- Carvajal, F., Falconí, F., Kenber, M.
1997 “Los gastos defensivos en el sistema de cuentas nacionales. Una aproximación al caso del petróleo”. *Cuestiones Económicas* 32. Banco Central del Ecuador. Quito.
- Castañeda, B.
1997 *An Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW) for Chile*. University of Maryland. Institute for Ecological Economics.
- Chiriboga, M.
1999 “El sector agropecuario: Cuellos de botella y estrategias de salida”. *Ecuador Debate*: 195-221. Quito.
- Christensen, V., Pauly, D.
1995 “Primary production required to sustain global fisheries”. *Nature* Vol. 374.
- Claude, M.
1994 “Valoración económica de recursos naturales e instrumentos de política macroeconómica”. Seminario Valoración y Contabilidad Nacional de Recursos Naturales y Ambientales, Concepción, Chile.
- Cleveland, C.J., Costanza, R., Hall, C.A.S. y Kaufmann, R.
1984 “Energy and the US economy: A biophysical perspective”. *Science* 225: 880-889.
- Cleveland, C.J., Kaufmann, R.K., and D.I. Stern.
1998 “The Aggregation of Energy and Materials in Economic Indicators of Sustainability: Thermodynamic, Biophysical, and Economic Approaches”. En Sergio Ugliati, ed., *Advances in Energy Studies. Proceedings of the International Workshop*. Porto Venere.
- CLIRSEN-INEFAN.
1995 “Inventario de Manglares del Ecuador Continental”. CLIRSEN-INEFAN. Quito.
- Commission of the European Communities, International Monetary Fund, Organization for Economic Cooperation and Development, Banco Mundial, United Nations.
1993 *System of National Accounts 1993*. Brussels/Luxembourg, New York, Paris, Washington, D.C.
- CONADE, INEC, CELADE, FNUAP.
1993 Ecuador, estimaciones y proyecciones de población. Hipótesis recomendada. Quito.
- CONAIE (Consejo de Nacionalidades Indígenas del Ecuador).
1992 “Derrame de petróleo del campo Sacha Norte-1”. Informe de la Comisión Técnica. Copia no publicada. Agosto.

- Conforti, P., Giampietro M.
1997 "Fossil energy in agriculture: An international comparison". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65: 231-243.
- Costanza, R.
1989 "What is Ecological Economics?". *Ecological Economics* 1: 1-7.
- Costanza, R., Daly, H., Bartholomew, J.
1991 "Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics". En Robert Costanza, ed., *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. Nueva York.
- Costanza, R. *et al.*
1997a "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature* Vol. 387.
- Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Goodland, R., Norgaard, R.
1997b *An Introduction to Ecological Economics*. CRC Press LLC. Estados Unidos.
- Costanza, R. *et al.*
1998 "The value of ecosystem services: Putting the issues in perspective". *Ecological Economics* 25: 67-72.
- Cropper, M., Griffiths C.
1994 "The Interaction of Population Growth and Environmental Quality". *The American Economic Review Papers and Proceedings* 84: 250-254.
- Daly, H., Cobb, J.
1989 *For the Common Good*. Beacon Press. Boston.
- Daly, H. E. *Steady-State Economics*.
1991 Second Edition with new Essays. Island Press. Washington D.C.
- Daly, H. E.
1992 "From Empty-word Economics to Full-world Economics: Recognizing an Historical Turning Point in Economic Development". En Robert Goodland, Herman E. Daly y Salah El Serafy, eds., *Population Technology and Lifestyle*. Island Press. Washington D.C.
- De Koning, G.H.J.
1999 *Spatially explicit analysis of land use change: A case study for Ecuador*. Tesis Wageningen Agricultural University. Holanda.

Bibliografía

- Diario El País.
1999 “De capitán de barco a basurero en Alaska”. Febrero 20. Madrid.
- Dudley, N., Jeanrenaud, J., Sullivan, F.
1998 “The Timber Trade and Global Forest Loss”. *AMBIO* Vol. 27, No. 3: 248-250.
- CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas.
1998 *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 1997*. Chile.
- ECOCIENCIA, Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos
2002 Sistema de Monitoreo Socio Ambiental del Ecuador. Versión de Evaluación (enero).
- El Serafy, S.
1989 “The Proper Calculation of Income from Depletable Natural Resources”. En Ahmad Yusuf, Salah El Serafy and Lutz Ernst, eds., *Environmental Accounting for Sustainable Development*. Banco Mundial. Washington D.C.
- El Serafy, S.
1991 “The environment as capital”. In Robert Costanza, ed., *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. Nueva York.
- Falconí, F.
1995 “Hacia una valoración distinta del petróleo”. *Cuestiones Económicas* 25. Banco Central del Ecuador. Quito.
- Falconí, F.
1999 “La (in)sustentabilidad de la economía ecuatoriana: Una visión a través de los indicadores de sustentabilidad débil”. *Ecología Política* 18: 65-99. ICARIA Editorial. Barcelona.
- Falconí, F., Garzón, P.
1999 “Los Daños Ambientales de la Explotación Petrolera. ¿Se compensan los Beneficios con los Costos?”. CDES (Centro de Derechos Económicos y Sociales). Quito.
- Falconí, F.
2001a "An Integrated Economic- Environmental Assessment of the Ecuadorian Economy". A doctoral thesis submitted to the Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra.
- Falconí, F.
2001b “La pesada carga material de la deuda externa”. En *Otras Caras de la Deuda*. Nueva Sociedad. Caracas.

- Fankhauser, S.
1995 *Valuing Climate Change*. Earthscan Publications Ltd. Londres.
- FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations).
1981 "Los Recursos Forestales de la América Tropical". Roma.
- FAO.
1992 "Precios de productos forestales 1971-1990". Estudio FAO Montes 104. Roma.
- FAO.
1995a "Evaluación de los Recursos Forestales. 1990. Países Tropicales". Estudio FAO Montes 112. Roma.
- FAO.
1995b "Evaluación de los Recursos Forestales 1990. Síntesis Mundial". Estudio FAO Montes 124. Roma.
- FAO.
1995c "Precios de los productos forestales 1973-1992". Estudio FAO Montes 125. Roma.
- FAO.
1999 "Situación de los bosques del mundo". Roma.
- FAO, INEFAN.
1995 "Estrategia del PAFE para el desarrollo sustentable de la industria forestal". Proyecto GCP/ECU/064/NET Apoyo a la implementación del PAFE. Documento de Trabajo No. 16. Quito.
- FAO-Stat.
2000 Statistical Database. Available from - <http://www.fao.org>
- Faucheux, S., O'Connor, M., ed.
1998 *Valuation for Sustainable Development: Methods and Policy Indicators*. E. Elgar, Cheltenham.
- Fearnside, Philip M.
1997 "Environmental services as a strategy sustainable development in rural Amazonia". *Ecological Economics* 20: 53-70.
- Funtowicz, S., Ravetz, J.
1997 "Problemas ambientales, ciencia post-normal y comunidades de evaluadores extendidas". En José Cerezo, Marta González y José Luis Luján, eds., *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Ariel.
- Funtowicz S., Martínez-Alier J., Munda G., Ravetz J.
1997 "Environmental Policy Under Conditions of Complexity". European Environmental Agency.

Bibliografía

- Garí, J.A.
1998 "The Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP): Evaluating the human impact on the biosphere and biodiversity". Tesis de Maestría en Ecología. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra.
- Georgescu-Roegen, N.
1977 "¿Qué puede enseñar a los economistas la termodinámica y la biología?". Original publicado en *Atlantic Economic Journal*, V, Marzo 1977: 13-21. En Federico Aguilera Klink y Vicent Alcántara, comp., 1994, *De la economía ambiental a la economía ecológica*. ICARIA Editorial. Barcelona.
- Georgescu-Roegen, N.
1979 "Comments on the Papers by Daly and Stiglitz". En V. Kerry Smith, eds., *Scarcity and Growth Reconsidered*. Baltimore: Rff and Johns Hopkins University Press.
- Gever, J., Kaufman R., Skole D., Vorosmarty.
1991 *Beyond Oil: The Threat to Food and Fuel in the Coming Decades*. Niwot: University of Colorado Press.
- Giampietro, M., Cerretelli, G., Pimentel, D.
1992a "Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability". *Agriculture Ecosystems and Environment*, No. 38: 219-244.
- Giampietro, M., Cerretelli, G., Pimentel, D.
1992b "Assessment of Different Agricultural Production Practices". *AMBIO*, Vol. 21, No. 7.
- Giampietro, M., Bukkens, S., Pimentel, D.
1993 Labor Productivity: "A Biophysical Definition and Assessment". *Human Ecology*, Vol. 21, No. 3.
- Giampietro, M.
1997 "Socioeconomic pressure, demographic pressure, environmental loading and technological changes in agriculture". *Agriculture Ecosystems and Environment* 65: 201-229.
- Giampietro, M.
1999 "Energy use in Agriculture". *Encyclopedia of Life Sciences*. Macmillan pub.
- Giampietro, M., Munda G.
2000 "Integrated Assessment of Complex Adaptive Systems: an overview of epistemological challenges". Proceedings of the second Biennial International Workshop "Advances in Energy Studies", Portovenere, Mayo 2000.

- Giampietro M., Mayumi K.
2000a “Multiple-Scale Integrated Assessment of Societal Metabolism: Introducing the Approach”. *Population and Environment*, Vol. 22(2): 109-153.
- Giampietro M., Mayumi K.
2000b “Multiple-Scale Integrated Assessments of Societal Metabolism: Integrating Biophysical and Economic Representations Across Scales”. *Population and Environment*, Vol. 22(2): 155-210.
- Giampietro, M., Mayumi, K.
2000c “Jevons’ paradox, scaling in Societal Metabolism and the fairy tale of Kuznets curves”. Ponencia presentada para la Tercera Conferencia de la Sociedad Europea de Economía Ecológica realizada en Viena, Mayo.
- Gomiero, T., Giampietro, M.
2001 “Multiple-Scale Integrated Analysis of Farming Systems: The Thuong Lo Commune (Vietnamese Uplands) Case Study”. *Population and Environment*, 22(3): 315-352.
- Granger, C.W.J.
1969 “Investing Causal Relations by Econometric Methods and Cross-Spectral Methods”. *Econometrica* 34: 424-438.
- Guha, R., Martínez-Alier, J.
1997 *Varieties of Environmentalism*. Earthscan Publications Ltd. Londres.
- Haberl, H.
1997 “Human Appropriation of Net Primary Production as An Environmental Indicator: Implications for Sustainable Development”. *AMBIO* Vol. 26, No.3.
- Hall, C.A.S, Cleveland, C.J y Kaufman R.
1986 *Energy and Resource Quality*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Hamilton, K.
2000 “Genuine Savings as a Sustainability Indicator”. Environmental Department. Banco Mundial. Washington D.C.
- Harrison, A.
1989 “Introducing Natural Capital into the SNA”. En Ahmad Yusuf, Salah El Serafy y Lutz Ernst, eds., *Environmental Accounting for Sustainable Development*. Banco Mundial. Washington D.C.
- Hicks, J. R.
1954 *Valor y Capital*. Fondo de Cultura Económica. Segunda Edición. México.

Bibliografía

- Huetting, R.
1989 "Correcting National Income for Environmental Losses: Toward a Practical Solution". En Ahmad Yusuf, Salah El Serafy y Lutz Ernst, eds., *Environmental Accounting for Sustainable Development*. Banco Mundial. Washington D.C.
- Huetting, R.
1991 "Correcting National Income for Environmental Losses: A Practical Solution for a Theoretical Dilemma". En Robert Costanza, ed., *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press. Nueva York.
- Hyde, W.
1996 "Deforestation and Forest Land Use: Theory, Evidence and Policy Implications". *Banco Mundial Observer* 11 (2).
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).
1996 "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria". Quito.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).
2002 Disponible en www.inec.gov.ec
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).
2002 "Tercer censo nacional agropecuario. Resultados nacionales y provinciales. Volumen 1". Proyecto Sica del Banco Mundial, INEC, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito.
- INEFAN
1993 (Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre), ITTO/OIMT (International Timber Tropical Organization). "Estrategias para la industria sostenida de la madera en el Ecuador". Reporte final. Proyecto PD 137/91.
- INEFAN.
1995 "Principales Estadísticas Forestales del Ecuador 1995". Dirección General de Planificación (preparado por M. Almeida). Quito.
- Jackson, T.
1996 *Material Concerns. Pollution, Profit and Quality of Life*. Routledge, Stockholm Environment Institute.
- James, W.P.T., Schofield, E.C.
1990 *Human Energy Requirements*. Oxford University Press. Oxford.
- Jaramillo, F. "Intercambio desigual y crisis".
1986. En La crisis de la economía ecuatoriana. Corporación Editora Nacional, Quito.

- Jochnick, C.
1994 "Violaciones de derechos en la amazonía ecuatoriana: consecuencias humanas del desarrollo petrolero". Centro de Derechos Económicos y Sociales. Ediciones Abya Yala, Quito.
- Kapp, W.
1976 "The Open System Character of the Economy and its implications". En Federico Aguilera Klink, ed., 1995, *Economía del los Recursos Naturales: Un Enfoque Institucional*. Fundación Argentina/Visor Distribuciones. Madrid.
- Kaufmann, R.K.
1992 "A biophysical analysis of the energy/real GDP ratio: implications for substitution and technical change". *Ecological Economics* 6: 35-56.
- Kellenberg, J. V.
1995 "Accounting for Natural Resources. Ecuador 1971-1990". Tesis doctoral. Baltimore, Maryland.
- Kimerling, J.
1993 *Crudo Amazónico*. Ediciones Abya Yala. Quito.
- Koons, B. C.
1995 "Environmental Assessment of the Oriente District of Ecuador". Informe de valoración ambiental presentado al Congreso Nacional del Ecuador. Houston, Texas.
- Laarman, J. G.
1996 "Government Policies Affecting Forests in Latin America". Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C.
- Larrea, C., ed.,
1987 El banano en el Ecuador. FLACSO, Corporación Editora Nacional, Quito.
- Larrea, C.
1992 "The mirage of development: oil, employment, and poverty in Ecuador (1972-1990)". Tesis Doctoral. York University, Ontario.
- Leipert, C.
1986 "Los costos sociales del crecimiento económico". En Federico Aguilera Klink and Vicent Alcántara, eds., *De la economía ambiental a la economía ecológica*. ICARIA Editorial. Barcelona. 1994. Original publicado en *Journal of Economic Issues*, Vol. XX, No. 1.

Bibliografía

- León, P.
1992 “Perspectivas sobre el desarrollo de la contabilidad ambiental en Ecuador”. *Cuestiones Económicas* 19: 115-122. Banco Central del Ecuador. Quito.
- León, P., Marconi, S.
1994 “Una primera aproximación a la contabilidad nacional: Un estudio de caso sobre la Amazonía ecuatoriana”. Fundación Natura. Quito.
- Lieth, H., Whittaker, R.
1975 *Primary Productivity of the Biosphere*. Springer-Verlag. Nueva York.
- Linott, J.
1996 “Environmental accounting: useful to whom and for what?”. *Ecological Economics* 16: 179-190.
- López, R.
1996 “Policy Instruments and Financing Mechanisms for the Sustainable Use of Forests in Latin America”. Banco Interamericano de Desarrollo No. ENV-106. Washington D.C.
- Loza, R.
1993 “La Contabilidad Nacional de los Recursos Naturales”. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Economía. Quito.
- Martínez-Alier, J.
1994 *De la Economía Ecológica al Ecologismo Popular*. ICARIA Editorial. Segunda Edición. Barcelona.
- Martínez-Alier, J.
1995. “Indicadores de Sustentabilidad y Conflictos Distributivos Ecológicos”. *Ecología Política* 10: 35-43.
- Martínez-Alier, J.
1997 “Deuda ecológica y deuda externa”. *Ecología Política* No. 14: 157-173. ICARIA Editorial. Barcelona.
- Martínez-Alier, J.
2000 “Environmental Justice, Sustainability and Valuation”. Harvard Seminar on Environmental Values, Marzo 2000.
- Martínez-Alier, J.
2001 “Deuda ecológica vs. deuda externa: una perspectiva latinoamericana”. En *Otras caras de la deuda. Propuestas para la acción*. Nueva Sociedad. Caracas.

- Martínez-Alier, J., O'Connor, M.
1996 "Ecological and Economic Distribution Conflicts". En R. Costanza y O. Segura, eds. *Getting down to Earth: practical applications of Ecological Economics*. ISEE, Island Press.
- Martínez-Alier, J., Munda, G., O'Neill, J.
1998 "Weak comparability of values as a foundation of ecological economics". *Ecological Economics* Vol. 26, No. 3: 277-286.
- Martínez-Alier, J., Roca, J.
2000 *Economía Ecológica y Política Ambiental*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Mera- Orcés, V. *Género, Manglar y Subsistencia*.
1999 Ediciones Abya- Yala. Quito.
- Moran, E., Brondizio, E., Mausel, P., Wu, Y.
1994 "Integrating Amazonian Vegetation, Land-use, and Satellite Data". *BioScience* Vol. 44 No. 5: 329-338.
- Moran, E., Packer, A., Brondizio, E., Tucker, J.
1996 "Restoration of vegetation cover in the eastern Amazon". *Ecological Economics* 18: 41-54.
- Myers, N.
1991 "Tropical forests: present status and future outlook". *Climate Change*, Vol. 19: 3-32.
- Munda, G.
1995 *Multicriteria Evaluation in a Fuzzy Environment*. Physica-Verlag Heidelberg. Alemania.
- Munda, G.
1997a "Environmental economics, ecological economics, and the concept of sustainable development". *Environmental Values* 6, No. 2: 213-233.
- Munda, G.
1997b "Multicriteria evaluation as a multidimensional approach to welfare measurement". En J. van den Bergh y J. van der Straaten, eds., *Economy and ecosystems in change: analytical and historical approaches*. Edward Elgar.
- Nijkamp, P.
1986 "Equity and efficiency in environmental policy analysis: separability versus inseparability". En Allan Schnaiberg, Nicholas Watts y Klaus Zimmermann, eds. *Distributional Conflicts in Environmental Resource Policy*. WZB Publications.

Bibliografía

- Nordhaus, W.
1991 "A Sketch of the Economics of the Greenhouse Effect". *The American Economic Review Papers and Proceedings* Vol. 81, No. 2: 146-150.
- Nordhaus, W.
1993 "Rolling the 'DICE': An optimal transition path for controlling greenhouse gases". *Resources and Energy Economics* 15 (1): 27-50.
- Norgaard, R.
1989 "The Case for Methodological Pluralism". *Ecological Economics* 1: 37-57.
- O'Connor, M., Grant, R.
1999 "Macroeconomic cost-effectiveness and the use of multi-sectoral dynamic modeling as an environmental valuation tool". *International Journal of Sustainable Development* Vol. 2, No. 1.
- Omann, Ines.
2000 "How can Multi-criteria Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany". Third International Conference of the European Society of Ecological Economics. Viena, Austria.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía).
1999 Sistema de Información Económica- Energética (base de datos). Quito.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía).
2000-2002 Disponible en: <http://www.olade.org>
- Opschoor, J.B., de Bruyn S.M.
1997 "Developments in the throughput- income relationship: theoretical and empirical observations". *Ecological Economics* 20: 255-268.
- Páez, P.
2000 "Redes neuronales para la estimación de la pobreza en el Ecuador". *Cuestiones Económicas*, Vol. 16, No. 1. Banco Central del Ecuador. Quito.
- Pearce, D.
1994 "Los límites del análisis coste-beneficio como guía para la política del medio ambiente". En Federico Aguilera Klink y Vicent Alcántara, eds., *De la economía ambiental a la economía ecológica*. ICARIA Editorial. Barcelona. 1994. Original publicado en *Hacienda Pública Española*, No. 37: 61-71.

- Pearce, D., Moran, D.
1994 "The Economic value of biodiversity". IUCN. Earthscan. Londres,
- Pearce, D.
1996 "Can non-market values save the world's forests?". Ponencia presentada en: International Symposium on the Non-market Benefits of Forestry, organizada por: Forestry Commission, Edinburgh.
- Pearce, D., Turner, K.
1990 *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf.
- Pearce, D., Atkinson, G.
1993 "Capital theory and the measurement of sustainable development: and indicator of 'weak' sustainability". *Ecological Economics* 8: 103-108.
- Peet, J.
1992 *Energy and the Ecological Economics of Sustainability*. Island Press. Washington D.C.
- Petroecuador, AMBIENTEC, ESEN Cia. Ltda.
1991 *Plan Integral de Manejo Ambiental de la Actividad Hidrocarbúrica (PIMA)*. Volumen Diagnóstico. Quito.
- Ramírez, R.
2002 "Cómo se distribuyen los alimentos en el Ecuador". *Gestión* No. 95. Quito.
- Ramos-Martín, J.
1999 "Breve comentario sobre la desmaterialización del estado español". *Ecología Política* No. 18: 61-64.
- Ramos-Martín, J.
2001 "Historical analysis of energy intensity of Spain: from a 'conventional view' to an 'integrated assessment'". *Population and Environment*, 22(3): 281-313.
- Rees, W.
1996 "Indicadores territoriales de sustentabilidad". *Ecología Política* No. 12: 27-41.
- Repetto, R., Magrath, W., Wells, M., Beer, C., y Rossini, F.
1989 *Wasting Assets: Natural Resources in the National Accounts*. World Resources Institute. Washington D.C.
- Repetto, R.
1992 "Wasting assets: natural resources in the national income accounts". En Anil Markandya y Julie Richardson, eds., *Environmental Economics*. Earthscan Publications. Londres.

Bibliografía

- Roca, J.
1998 “El debate sobre la elaboración de un indicador macroeconómico corregido ecológicamente”. *Ecología Política* No. 16: 21-30.
- Romero, C.
1994 *Economía de los recursos ambientales y naturales*. Alianza Editorial, Madrid.
- Rossanía, G.
1994 “Memorias del taller sobre fases de la actividad petrolera”. Acción Ecológica. Quito.
- Roy, B.
1985 *Méthodologie multicritere d' aide à la decision*. Economica. París.
- Serrano, C.
1999 “El índice de bienestar económico sustentable para el caso del Ecuador durante 1990-1997”. Facultad de Economía, Pontificia Universidad Católica. Quito.
- Schatan, J.
1998 El saqueo de América Latina. Colección sin Norte, Serie Punto de Fuga. Edición Arcis-LOM, Santiago de Chile.
- Sierra, R.
1999 Mapa de Vegetación Remanente del Ecuador Continental. Circa, 1996, Escala 1:1000.000. GEF-WWF. Quito.
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE).
1999-2002 Versión 1.0 y Versión 2.5.
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE).
2001 “El saldo social de la década de 1990: aumento de la pobreza y concentración del ingreso”. *ICONOS*. FLACSO, Quito.
- Sims, C.
1972 “Money, Income and Causality”. *American Economic Review* 65: 540-552.
- Simula, M.
1997 “Trade and Environmental Issues in Forest Production”. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C.
- Slack, E.B.
1982 *Environment New Zealand. 1. Biological aspects*. Editorial Services Ltd., Featherston, New Zealand.
- Southgate, D., Whitaker, M.
1994 *Desarrollo y Medio Ambiente: Crisis de Políticas en el Ecuador*. IDEA. Quito.

- Stockhammer, E., Hochreiter, H., Obermayr, B., Steiner K.
1997 "The index of sustainable economic welfare (ISEW) as an alternative to GDP in measuring economic welfare. The results of the Austrian (revised) ISEW calculation 1955-1992". *Ecological Economics* 21: 19-34.
- UPPSAE.
1993 "Culturas bañadas por petróleo. Diagnóstico realizado por promotores". Lago Agrio.
- Victor, P. A.
1991 "Indicators of sustainable development: some lessons from capital theory". *Ecological Economics* 4: 191-213.
- Vitousek, P.; Ehrlich, P.; Ehrlich, A.; Matson, P.
1986 "Human Appropriation of the Products of Photosynthesis". *BioScience* Vol. 36, No.6.
- Vos, R.
2002 "Aumento de la inequidad de ingresos y de la pobreza durante la liberalización económica y la crisis. Causas micro y macro para el Ecuador". Banco Central del Ecuador. Cuestiones Económicas Vol. 17, No. 3. Quito.
- Wackernagel, M., Rees, W.
1996 *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers. Gabriola Island, British Columbia.
- Wackernagel *et al.*
1999 "National natural capital accounting with the ecological footprint concept". *Ecological Economics* 29: 375-390.
- Wilson, E. O.
1992 *The Diversity of Life*. W.W. Norton & Company. New York - London.
- World Commission on Environment and Development Report to the United Nations General Assembly.
1987 *Our Common Future*. Oxford University Press. Nueva York.
- WRI (World Resources Institute).
1991 "Accounts Overdue: Natural Resource Depreciation in Costa Rica". Tropical Science Center, Costa Rica; WRI. Washington D.C.
- WRI.
1990 *World Resources 1990-1991*. Oxford University Press. Nueva York.

Bibliografía

- WRI.
1999 *World Resources 1998-1999*. Oxford University Press. Nueva York.
- WRI.
2000 *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington D.C.
- Wunder, S.
2000 "The Economics of Deforestation: the example of Ecuador. Nueva York, St. Martin's Press.
- Zolotas, X.
1981 *Economic Growth and Declining Social Welfare*. University Press. Nueva York.