

02

Análisis y pronóstico del cambio ambiental en América del Norte

Piezas para una mejor política pública

Comisión para la Cooperación Ambiental

Esta publicación fue preparada por el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) y no refleja necesariamente las opiniones de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México.

Se permite la reproducción de este documento en cualquier formato, todo o en partes, para fines educativos o no lucrativos sin permiso expreso del Secretariado de la CCA siempre y cuando se cite la fuente. La CCA agradecería recibir una copia de cualquier publicación o material que use como fuente este documento.

Comisión para la Cooperación Ambiental
393, rue Saint-Jacques Ouest, bureau 200
Montreal (Quebec) Canadá H2Y 1N9
Tel: (514) 350-4300 Fax: (514) 350-4314
Correo-e: info@ccemtl.org
<http://www.cec.org>

ISBN: 2-922305-83-X

© Commission for Environmental Cooperation, 2003
Legal Deposit-Bibliothèque nationale du Québec, 2003
Legal Deposit-Bibliothèque nationale du Canada, 2003
Disponible en français — ISBN: 2-922305-82-1
Disponible en inglés — ISBN: 2-922305-81-3

	Prefacio	iii
	Resumen ejecutivo	v
1	Introducción	1
	1.1 Los motores del cambio ambiental	2
	1.1.1 Crecimiento demográfico y urbanización	2
	1.1.2 Crecimiento económico	3
	1.1.3 Factores de desacoplamiento	3
	1.1.4 Elección de tecnologías	4
	1.2 Tendencias ambientales en uso del suelo y contaminación atmosférica	4
	1.2.1 Cambios en el uso del suelo	5
	1.2.2 Contaminación atmosférica	6
	1.3 Aspectos destacados del informe	6
2	Análisis del flujo de materiales	9
	2.1 Fortalezas y debilidades	9
	2.2 Efectos ambientales de los sectores agropecuario y forestal	11
	2.3 Resumen	12
3	Flujo de materiales en el sector forestal	13
	3.1 Definición de los flujos materiales y las industrias en el sector forestal	13
	3.2 Análisis del flujo de materiales en el sector forestal	15
	3.2.1 Industria silvícola	15
	3.2.2 Industria de productos de madera	17
	3.2.3 Industria de pulpa y papel	19
	3.3 Implicaciones ambientales de las tendencias en el comercio	21
	3.3.1 Tendencias del comercio del TLCAN	22
	3.3.2 Implicaciones ambientales	23
	3.4 Resumen	24
4	Flujo de materiales en el sector agropecuario	27
	4.1 Definición del flujo de materiales y los subsectores de la actividad agropecuaria	27
	4.2 Flujos materiales en los cultivos agrícolas	29
	4.2.1 Aplicación de fertilizantes	29
	4.2.2 Productos de cultivo	31
	4.2.3 Flujos de salida de la agricultura	32
	4.3 Flujo de materiales en la actividad ganadera	34
	4.3.1 Insumos de engorda	34
	4.3.2 Flujos de salida de producción animal	35
	4.3.3 Desechos animales	36
	4.4 Tendencias en el comercio y efectos ambientales	38
	4.4.1 Tendencias comerciales	38
	4.4.2 Implicaciones ambientales	40
	4.5 Resumen	41

5	La huella ecológica	43
5.1	El concepto, sus fortalezas y debilidades	43
5.2	La huella ecológica de la región del TLCAN, una mirada somera	45
5.3	Resumen	47
6	Técnicas para la exploración de futuros ambientales	49
6.1	Exploración ambiental y monitoreo y extrapolación de tendencias	50
6.2	Estudios de opinión y elaboración de escenarios	51
6.3	Modelado y análisis morfológico	52
6.4	Resumen	56
7	Modelado de la competencia futura por el agua	57
7.1	El modelo de simulación impact-agua	57
7.1.1	Impact	58
7.1.2	El modelo de simulación hídrico	58
7.1.3	Impact-WSM	59
7.2	Aplicación del modelo: tres escenarios estadounidenses	61
7.3	Resumen	65
8	Lecciones para el trabajo de futuros	67
8.1	Un éxito del trabajo de futuros: el caso del agotamiento de la capa de ozono	67
8.2	La nueva economía y el riesgo de las predicciones fáciles	69
8.3	Resumen	71
9	Conclusión	73
	Referencias y bibliografía seleccionada	75

Prefacio

Treinta años de experiencia en política ambiental muestran que es importante orientarse tanto a la prevención como al saneamiento ambiental, es decir que tiene más sentido anticipar y prevenir los problemas ambientales antes de que ocurran que reaccionar a los problemas después de que éstos se han presentado. Para ello es necesario definir y entender un amplio rango de tendencias ambientales, lo mismo que sus causas motoras. Existe la necesidad de un análisis intensivo en datos que proporcione un entendimiento más al detalle de las tendencias ambientales pasadas y presentes. Por último, debe intentarse identificar los problemas antes de que los mismos se vuelvan serios y se generalicen.

Esa investigación y metas de políticas son centrales para el papel de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA),¹ organización internacional creada por Canadá, Estados Unidos y México en términos del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), acuerdo paralelo al Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Más en particular, la CCA se estableció para ocuparse de las preocupaciones ambientales regionales, ayudar a prevenir potenciales conflictos comerciales y medioambientales y promover la aplicación efectiva de la legislación ambiental. Los objetivos generales de la Comisión incluyen mejorar nuestro conocimiento de la relación entre el medio ambiente, la economía y el comercio y promover políticas que fomenten el apoyo mutuo de las políticas ambientales y comerciales. Cumplir con ese objetivo ha sido la principal responsabilidad del programa Medio Ambiente, Economía y Comercio del Secretariado de la CCA.

Con ese fin, un proyecto básico ha sido la identificación y el análisis de los asuntos ambientales actuales y en ciernes para los próximos 10 a 20 años (2010 a 2020) en los tres países. Un grupo de expertos sobre Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes se formó con el objetivo de que ayudara a la CCA a identificar:

- los motores del cambio ambiental,
- las tendencias ambientales y
- metodologías que permitan a los responsables de las políticas un mejor conocimiento y el pronóstico de las condiciones ambientales en América del Norte.

1 La CCA está integrada por el Consejo (los ministros de medio ambiente de los tres países), el Secretariado y el Comité Consultivo Público Conjunto, que representa a la ciudadanía.

El enfoque que se siguió en el proyecto sobre tendencias ha sido en algún sentido singular, ya que cubre tres naciones enlazadas por la geografía, la cultura y la economía, a través del TLCAN. Esta cobertura se presta mejor para ocuparse del comercio, el medioambiente y los asuntos transnacionales y entre las fronteras.

El presente informe resume la mayor parte del trabajo realizado bajo la orientación del proyecto sobre tendencias, que incluyó:

- cuatro informes de antecedentes sobre tendencias, producidos por el Secretariado, y
- cinco análisis encargados para evaluar métodos para prever posibles problemas ambientales en América del Norte.

El Informe no endosa ninguno de los diferentes métodos; más bien reconoce la complejidad de los asuntos del caso y busca demostrar las formas en que los diferentes métodos pueden ser utilizados, al igual que las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos. Se busca de esa manera ayudar con información útil a las personas y organizaciones en el momento de considerar la mejor manera de evaluar las tendencias en surgimiento.

iv El informe fue preparado por Chantal Line Carpentier y Zachary Patterson, del programa Medio Ambiente, Economía y Comercio. Los documentos de antecedentes corrieron por cuenta de Scott Vaughan, Jane Barr y Chantal Line Carpentier, del mismo Programa.

Las secciones sobre las diferentes metodologías para pronosticar los futuros problemas ambientales se tomaron directamente de los informes originales. Los autores de dichos análisis, como se indica al principio de cada sección, fueron: Emily Mathews y Christian Ottke del World Resources Institute, análisis de flujo de materiales; Mathis Wackernagel, análisis de la huella ecológica, y Mark Rosegrant y Ximing Cai del International Food Policy Research Institute y Ford Runge de la Universidad de Minnesota, Impact-WSM.

El Secretariado quisiera también dejar constancia de las contribuciones de los miembros del grupo de trabajo trinacional que supervisó el trabajo emprendido por el Secretariado. Aunque los integrantes del grupo cambiaron durante el curso del proyecto hasta hacer una larga lista, el Secretariado quisiera expresar su agradecimiento particular a Michael Brody, de la EPA, quien presidió el grupo de trabajo desde su formación.

Resumen ejecutivo

¿Es nuestro medio ambiente mejor ahora que en el pasado o ha empeorado? ¿Estamos mejor que nuestros padres? ¿Por qué han cambiado las cosas? ¿Realmente lo sabemos? ¿Podemos saberlo? ¿Cuál es la imagen del futuro? ¿Continuarán las actuales tendencias? ¿Cómo será la calidad del aire y el agua, del mar, la tierra y la biosfera como un todo para nuestros hijos y nietos? ¿Será la biodiversidad de este subcontinente más rica o más pobre? ¿Será nuestro clima el mismo o cambiará?

En el presente informe se presentan perspectivas y enfoques que aspiran a perfilar algunas de las respuestas a estas preguntas. Su mensaje más importante, sin embargo, es que al examinar los efectos ambientales del comercio, en particular los del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), la mirada hacia nuestras experiencias pasadas no es suficiente. Debemos también pensar de manera imaginativa y sistemática en los impactos futuros en nuestro medio ambiente. Claro que el futuro es insondeable: resulta menos una extensión lineal de las tendencias pasadas que un terreno de inicios imprevistos y de posibilidades no contempladas. El presente texto plantea un análisis de los efectos ambientales del comercio pasados y futuros utilizando, solas o en combinación, las herramientas que se describen en el mismo: análisis de las tendencias y los impulsores ambientales, análisis del flujo de materiales, escenarios en áreas de gran incertidumbre y varios tipos de modelos. Dicho enfoque, fusión de una rigurosa mirada hacia el pasado con observaciones hacia el futuro, es crucial para la formación de la base informativa necesaria para apoyar las políticas ambientales proactivas que permitan abordar los problemas ambientales antes de que se vuelvan graves y dominantes.

El presente texto resume cuatro informes de antecedentes sobre tendencias preparados por el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) y cinco análisis encargados para evaluar métodos para el pronóstico de problemas ambientales en América del Norte.² Los trabajos se llevaron a cabo como parte del proyecto Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes de la CCA y contaron con el apoyo del grupo asesor respectivo.

La médula de este informe, y de los documentos de antecedentes y análisis de que se nutre, es dilucidar la mejor manera de investigar los efectos ambientales del comercio en Canadá, Estados Unidos y México, los tres países firmantes del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Se examinan dos amplias categorías de enfoque:

- Métodos numéricos intensivos para obtener un conocimiento más al detalle y fácil de transmitir de las tendencias ambientales pasadas y presentes y de los factores que las explican y

2 Los textos relacionados con el informe del estado del medio ambiente de los informes no se resume aquí, ya que fueron incorporados en *El mosaico de América del Norte: informe del estado del medio ambiente*, publicado por el Secretariado de la CCA en enero de 2002.

- Técnicas para el diagnóstico y la previsión de problemas ambientales futuros.

Tendencias ambientales y motores del cambio ambiental

El punto de partida de este análisis es el marco conceptual desarrollado por el Secretariado de la CCA, con la asesoría del Grupo sobre Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes, respecto de los motores del cambio ambiental y las tendencias ambientales resultantes.

El grupo sobre tendencias identificó cuatro principales motores del cambio ambiental:

- crecimiento demográfico y urbanización,
- crecimiento económico,
- factores que vinculan o desvinculan el crecimiento económico del daño ambiental y
- decisiones sobre tecnologías en áreas como transporte, energía, informática y otras.

vi Por supuesto que ninguno de estos factores funciona por sí solo y sus interacciones pueden ser en extremo complejas. Destacan, sin embargo, algunas rotundas realidades. Las economías de Estados Unidos, Canadá y México producen 11 billones de dólares estadounidenses (\$EU) en bienes y servicios cada año y el comercio entre ellos se ha más que duplicado desde que se firmó el TLCAN para alcanzar \$EU700 mil millones. A pesar del éxito parcial en desacoplar el crecimiento económico y la degradación ambiental, la producción creciente y el comercio han tenido implicaciones serias en el uso de recursos, el agua y otros recursos naturales, la calidad del aire, la biodiversidad y otros aspectos particulares del medio ambiente.

El Grupo sobre Tendencias de la CCA identificó tres amplias categorías de tendencias ambientales críticas en América del Norte: cambios en el uso del suelo, agotamiento de los ecosistemas marinos y contaminación atmosférica, además de los que figuran ya en la agenda ambiental, por ejemplo el cambio climático, la disminución de los bancos de peces y otros. Estos aspectos fueron ampliamente abordados en el Informe del Estado del Medio Ambiente publicado por la CCA en enero de 2002. En el presente informe la atención se centrará en las tendencias asociadas con el uso del suelo, aunque se analizarán también algunos aspectos de la contaminación atmosférica.

Perspectivas del pasado y el presente

Aunque los motores del cambio ambiental pueden definirse e identificarse con prestancia, resulta en extremo complejo clasificar en circunstancias particulares cuáles de esos impulsores están en juego, qué efecto están teniendo, la forma en que interactúan, de qué manera ese impacto debe sopesarse en relación con otros impulsores, qué variables ambientales potencian o disminuyen su influencia, y así sucesivamente. De hecho, dado que el cambio ambiental puede afectar a la economía y a la sociedad humana en su conjunto, podría también hablarse de “impulsores ambientales”.

El Grupo sobre Tendencias de la CCA decidió considerar dos enfoques para el análisis de las tendencias ambientales presentes y pasadas y sus impulsores. El primero fue el análisis de flujo de materiales, técnica numérica intensiva que se aplicó a los sectores silvícola y agropecuario en Canadá, Estados Unidos y México. El segundo fue el de la huella ecológica, que se propone ofrecer una perspectiva fácil de entender del impacto de los grupos humanos en el medio ambiente.

Análisis de flujo de materiales

vii

El análisis de flujo de materiales (AFM) es una herramienta metodológica que documenta, caracteriza y cuantifica (en toneladas) los flujos físicos de materiales a través de la economía como insumos de varios sectores y subsectores industriales. Esta técnica permite rastrear la eficiencia de los recursos y explorar los efectos potenciales en el medio ambiente y la salud humana del uso de los materiales. Se rastrean dos tipos de flujo de materiales:

- Los flujos “visibles” de las materias primas y los productos finales que se intercambian en el mercado, factibles por tanto de rastrear en cierto grado con cuentas monetarias, y
- Los flujos “ocultos” asociados con poner las materias primas disponibles para su uso económico pero que no entran en sí en la economía (por ejemplo, restos del corte en los bosques, residuos de cultivos o suelo erosionado de los terrenos de cultivo).

No hace falta señalar que los flujos ocultos pueden ser muy difíciles de documentar. En las cuentas monetarias usualmente se les ignora (o se les excluye de forma explícita), aunque sus impactos en el medio ambiente pueden ser considerables. Uno de los puntos ventajosos del AFM es que trata de rastrear estos flujos ocultos.

Muchos de los flancos débiles del AFM se deben a lo novedoso de su enfoque. Requiere de mucha información y la recopilación de una base de datos de los flujos de materiales puede ser muy ardua. Cada flujo, asimismo, se convierte en la misma unidad: una tonelada de desecho tóxico tiene el mismo peso que una de suelo erosionado, aunque su impacto ambiental sea obviamente muy diferente. No existe tampoco fórmula para elaborar un cálculo del impacto ambiental posible del flujo o uso de una tonelada de material. Su énfasis sectorial puede omitir el flujo de materiales entre sectores. Además, no se ocupa de temas hídricos.

Por el lado positivo, la técnica es una de las pocas que permite el rastreo de materiales de interés particular por razones ambientales, por ejemplo las sustancias tóxicas. Una vez que se le ha probado y mejorado, puede resultar muy útil, en combinación con la elaboración de escenarios, el modelado y otros enfoques, para explorar el impacto ambiental de la utilización de diferentes tecnologías en la producción de bienes y servicios.

En síntesis, el AFM es una técnica prometedora, aunque actualmente el grupo asesor mostró cautela respecto de su uso para orientar las políticas debido a la calidad de los datos actualmente disponibles para apoyar el AFM y a los problemas conceptuales asociados. Aun con estas limitaciones, los resultados iniciales que aquí se presentan del AFM en los sectores silvícola y agropecuario muestran tendencias en el uso de los materiales no siempre obvias a partir de los datos monetarios, mostrando con ello el potencial de utilidad de esta técnica.

viii

Flujo de materiales en el sector forestal

El análisis preliminar del flujo de materiales en el sector forestal en los tres países del TLCAN muestra con claridad que se han registrado importantes mejoras en la eficiencia con que el sector utiliza materiales y recursos. Estas ganancias representan una desvinculación aunque sea parcial entre el crecimiento económico y el daño ambiental en el sector. Debido a la creciente demanda de madera, productos de madera y papel, sin embargo, la cantidad de fibra que el sector requiere ha continuado amentando, lo mismo que sus impactos ambientales. Esta situación crea una presión creciente sobre los bosques y el hábitat de la vida silvestre e indica la urgente necesidad de generar y difundir a tasas más rápidas tecnologías que apoyen las mejoras en eficiencia y que reduzcan o limiten los impactos ambientales del sector.

Las implicaciones ambientales del aumento en la demanda de fibra difiere en cada uno de los países del TLCAN y al interior de sus regiones. En términos generales, en México y Canadá sigue creciendo la presión sobre los bosques naturales. En EU continúa la tendencia hacia el manejo de los bosques, mismos que tienden a ser más uniformes con respecto a edad, tamaño, especies y estructura

general. En los tres países sigue habiendo pérdidas potenciales de biodiversidad, aunque el riesgo se manifiesta en formas diferentes.

Flujo de materiales en el sector agropecuario

Aunque representa una fracción menor del PIB de Canadá, Estados Unidos y México, el sector agropecuario en la región del TLCAN puede caracterizarse como creciendo a una tasa impresionante tanto en valor como en volumen. Es también un sector intensivo en uso del suelo y recursos naturales que, junto con la silvicultura, domina el uso del suelo y es factor decisivo en la cantidad de hábitat disponible para la vida silvestre. Muchos analistas también consideran que la actividad agropecuaria es la fuente de contaminación del agua más importante en toda la economía. El hecho de que la agricultura ha sido tradicionalmente una fuente no puntual de contaminación genera problemas particulares, ya que resulta difícil de monitorear y regular. A pesar de su consolidación e industrialización, el sector continúa siendo poco controlado.

El análisis preliminar del flujo de materiales en el sector agropecuario sugiere que la escala de estos retos ambientales difiere mucho entre los países del TLCAN y al interior de los mismos. Aunque en los tres países están surgiendo operaciones agropecuarias intensivas de gran escala, los problemas ambientales que generen tendrán enormes variaciones, dependiendo del tamaño de la operación, el terreno, las características hídricas, el cultivo o ganado de que se trate, áreas en cultivo, grado de especialización del cultivo y la concentración ganadera y otra serie de factores. Por ello, la evaluación ambiental y las políticas de los tres países deberán orientarse de manera más específica a las áreas y asuntos en que los efectos ambientales adversos sean más probables o ya evidentes.

Las políticas para responder a los efectos ambientales adversos deberán también tomar en cuenta que la eficiencia productiva en el sector agropecuario ha mejorado radicalmente en los pasados 25 años, por lo que requiere ahora menos insumos para producir cantidades constantes de productos en muchos tipos de cultivos y productos ganaderos. Aun así, es innegable que el crecimiento constante de la demanda de productos agropecuarios ha significado un crecimiento en términos absolutos de los requerimientos de insumos materiales. Asimismo, el constante aumento en el volumen de productos intermedios y finales ha implicado también el crecimiento constante de las cantidades de desechos y subproductos no deseados. Por ello se está volviendo una prioridad urgente el acelerar el desarrollo y la difusión de tecnologías eficientes para contener o reducir los efectos ambientales del sector agropecuario.

Esta tendencia es típica del ciclo de materiales en todas las economías industriales. Las mejorías en eficiencia, entre ellas la observada en el sector agrícola,

generadas por los avances en tecnología, la productividad laboral y la reestructuración económica que implicó el abandono de industrias intensivas en energía y materiales, son anuladas en parte por el ritmo de crecimiento económico. Un análisis reciente de la economía estadounidense señala que, mientras la economía creció 74 por ciento entre 1975 y 1996, la generación de desechos aumentó sólo 30 por ciento. Ello muestra un impresionante grado de “desacoplamiento”, que no ha sido suficiente para lograr una disminución en términos absolutos del volumen de desechos. No se contó, para este estudio, con la documentación completa sobre los flujos de materiales, por lo que fue imposible generar un indicador macro que mostrara el total de los flujos de materiales ya fuera en el sector agropecuario o silvícola y su relación con el desempeño económico sectorial. No obstante, el análisis de los flujos individuales o de categorías de flujos (por ejemplo, el subsector de productos avícolas) indica que se que dan las mismas tendencias.

El análisis del flujo de materiales indica que debe otorgarse mayor prioridad a la innovación que permita aumentar la tasa de desarrollo y adopción de tecnologías que aumenten la eficiencia en el uso de los recursos y reduzcan los impactos ambientales en los sectores agropecuario y silvícola, dado que las mejoras en la eficiencia en el uso de materiales o recursos no han permitido hasta ahora compensar los aumentos en la escala de la producción. Por ello es necesario utilizar la metodología de futuros para estudiar las áreas que es más factible que resulten afectadas por un incremento en la escala de actividades.

Huella ecológica

El Grupo sobre Tendencias analizó también la noción de huella ecológica debido a que se plantea ofrecer una representación fácil de entender del impacto de los grupos humanos en el medio ambiente. Esta herramienta de contabilidad “agrega el impacto humano en la biosfera para formar un número: el espacio bioproductivo que ocupa en exclusividad una actividad humana dada”.³ Más en particular, la medición de la huella ecológica supone el cálculo del consumo de la población de alimentos, materiales y energía en términos del área de tierra o mar biológicamente productivos necesaria para la producción de dichos recursos naturales (o, en el caso de la energía, para absorber las correspondientes emisiones de CO₂). La unidad de medida utilizada es por lo general una hectárea de terreno (o mar) con productividad promedio global. Es decir que la tierra biológicamente productiva funciona como representación del capital natural y los muchos flujos de recursos y servicios proporcionados por la naturaleza.⁴ Como indicador ambiental y de los recursos naturales, el método de huella ecológica tiene la ventaja de englobar todos los posibles factores en un único número, meta que ha resultado esquiva

3 Wackernagel, 1999.

4 Wackernagel, 1999.

hasta ahora a prácticamente todos los que trabajan en indicadores ambientales agregados.

Aunque la huella ecológica tiene muchas características atractivas, su utilidad en materia de políticas es poco clara. La transformación del uso de energía en tierra es más un concepto retórico que científico y castiga a las economías industrializadas intensivas en energía debido al área de bosque requerido para secuestrar las emisiones de CO₂ generadas por el uso de energía. Tampoco queda claro si la huella de un país se debe comparar con sus propias capacidades o con las capacidades globales. Asimismo, en la medida en que el método requiere un grado tan alto de agregación, es necesario (aunque quizá no del todo posible en esta etapa de nuestros conocimientos) ser escrupuloso respecto de qué indicadores se están mezclando, por qué dichas mezclas son adecuadas y la forma en que diferentes indicadores son comparados, sopesados y promediados. Además, el método requiere de sumar cada categoría del consumo, pero son escasos los datos confiables sobre el consumo indirecto (por ejemplo, la energía contenida en los bienes), por lo que el enfoque se presta al error. De hecho, el nivel de agregación es tan alto que muchos expertos albergan dudas de que el enfoque sea una orientación adecuada para las políticas nacionales.⁵ En el mismo tenor, muchos economistas dudan de que el enfoque nos diga mucho de utilidad sobre las capacidades de carga, las tasas supuestas de innovación tecnológica o los avances hacia objetivos futuros de sustentabilidad.

Por ello, aunque resulta provocadora y en ocasiones útil para analizar ciertos tipos de impactos ambientales, el Grupo Asesor decidió que, como concepto analítico, el método de huella ecológica tiene deficiencias fundamentales y no será considerado por el grupo.

Perspectivas para el futuro

Analizar y transmitir las tendencias ambientales pasadas y presentes puede ser un apoyo importante para la elaboración de políticas ambientales. Al mismo tiempo, resulta importante tomar medidas precautorias antes de que los problemas ambientales se vuelvan graves o persistentes. Aunque el conocimiento de las tendencias pasadas y presentes es útil como información e incluso ofrece las bases de los esfuerzos para entender el futuro, es insuficiente en sí mismo para arrojar luz sobre lo que ocurrirá, a menos que se acepte la improbable hipótesis de que las tendencias pasadas y presentes se prolongarán de manera continua y sin cambio hacia un futuro indefinido. Se han desarrollado, de hecho, una multitud de métodos, técnicas y enfoques para arrojar luz respecto de un futuro en el que los nuevos factores se integren y las tendencias puedan desaparecer o evolucionar hacia rumbos sorprendentes. La parte final del presente informe analiza algunas de las técnicas prometedoras para considerar nuestros

futuros ambientales, aplica una de ellas a la competencia futura por los recursos de agua dulce y obtiene algunas lecciones para orientar el trabajo sobre futuros en los años próximos.

Técnicas para el análisis de futuros ambientales

Los investigadores han generado docenas, literalmente, de métodos para atisbar nuestro futuro ambiental, desde aquellos que asumen la continuación de las tendencias presentes hacia el futuro hasta los que permiten unas construcciones más imaginativas e inesperadas del futuro. El prestigiado Battelle Seattle Research Center ha agrupado estos métodos en seis categorías útiles que nosotros adaptaremos para nuestros fines.⁶ Las categorías, agrupadas en pares, son:

- exploración ambiental y monitoreo y extrapolación de tendencias;
- estudio de opiniones y elaboración de escenarios, y
- modelación y análisis morfológico.

Es importante considerar que ninguna de estas categorías es inflexible y que la mayoría de personas involucradas en pronosticar las condiciones ambientales futuras utilizan diferentes combinaciones de métodos de varias de estas categorías. La razón es que ninguna de ellas es suficiente por sí misma para la tarea, aunque todas pueden ser de utilidad

La exploración y el monitoreo ambientales son en esencia actividades de recopilación que proporcionan los datos básicos necesarios para comprender el medio ambiente y sentar las bases para la identificación y el análisis de las tendencias ambientales. La extrapolación de tendencias incluye la prolongación de las tendencias pasadas y presentes hacia el futuro y con frecuencia se le usa en el análisis de perspectivas ambientales y en informes del estado del medio ambiente. Los datos sobre tendencias pueden derivarse, por ejemplo, de la aplicación de técnicas como el análisis de flujo de materiales o la huella ecológica.

Tanto la presentación de opiniones como la elaboración de escenarios pueden incluir ir más allá de los círculos tradicionales de la elaboración de las políticas ambientales en las dependencias gubernamentales para involucrar a diversos expertos, miembros de organizaciones no gubernamentales, el sector privado o ciudadanos preocupados. El campo de la elaboración de escenarios cualitativos está en una posición excepcionalmente adecuada para prepararnos para los acontecimientos sorprendentes que con frecuencia dan forma a nuestro futuro y no se pueden capturar con técnicas cuantitativas. El enfoque incluye el desarrollo de diferentes escenarios para explorar un rango de posibles resultados futuros. Aun así, aunque los saltos imaginativos pueden ser muy importantes en la conformación de escenarios, también es necesario mantener contacto con el

conocimiento científico y las herramientas cuantitativas, métodos que pueden hacer más realista la especulación y revelar patrones y relaciones entre variables y tendencias menos obvios.

Dichas herramientas incluyen la modelación y el análisis morfológico, este último entendido como la modelación sin tanta dependencia de las variables cuantitativas. Ambos métodos ponen más énfasis en los modelos por computadora y otras herramientas técnicas de análisis y ambos pueden resultar indispensables para dar coherencia interna a los datos que van o vienen de los escenarios. Asimismo, ambos pueden tomar en cuenta el cúmulo de relaciones entre los sectores económicos y el medio ambiente y establecer relaciones de causalidad entre ellas. Por ello, los modelos se utilizan con frecuencia para analizar las interacciones entre la economía y el medio ambiente y la forma en que ello puede afectar el futuro. Aunque existen lagunas en los datos y en las teorías necesarias para dar sostén a los modelos económicos y bioeconómicos utilizados para explorar esta interacción, ambos métodos figuran entre los pocos disponibles de tipo cuantitativo y reproducible y resultan vitales en el arsenal de métodos al alcance de los investigadores y los encargados de las políticas para prever los problemas ambientales y actuar antes de que éstos se vuelvan graves y persistentes.

xiii

Modelación de la competencia futura por el agua

Muchos analistas consideran que la disponibilidad de agua será uno de los factores de mayor importancia en materia de seguridad alimentaria para muchas de las regiones del planeta. En las zonas áridas de América del Norte es factible que la explosión urbana choque con la agricultura de riego en la competencia por los cada vez más escasos recursos hídricos. En algunas áreas, satisfacer el rápido crecimiento de la demanda por parte de las ciudades y la industria significará de modo creciente una menor disponibilidad de agua para riego agrícola, insumo crítico que no puede ser agregado en el análisis de flujo de materiales descrito previamente. Para entender estas fuerzas en juego, la CCA decidió analizar uno de los modelos globales integrales para hacer luz sobre estos asuntos y la forma en que podrían evolucionar en los próximos 10 a 20 años: el modelo Impact-WSM, que integra un modelo de simulación hídrico con el funcional y bien probado modelo de comercio y medio ambiente Impact.⁷ Este modelo se aplicó a 14 cuencas hidrológicas en Estados Unidos.

Los resultados indican que es posible realizar importantes transferencias adicionales de agua para satisfacer la mayor demanda sin un efecto devastador en la producción general y el comercio de alimentos en EU. Aunque es posible que se presenten efectos locales en cuanto al empleo agrícola y los sectores relacionados en un escenario de crecimiento rápido de la competencia por un

7 Impact es el Modelo Internacional para el Análisis de las Políticas sobre Materias Primas Agrícolas y el Comercio (International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade) elaborado por el International Food Policy Research Institute. WSM es el Modelo de Simulación Hídrico (Water Simulation Model) que simula la disponibilidad de agua para cultivos agrícolas.

recurso hídrico cada vez más escaso, los más importantes efectos se producirán en cuencas específicas en que existen problemas de producción. Sería ahí en donde tal vez fuera necesario intervenir para compensar a los productores agrícolas afectados por las desviaciones ambientales. Sin embargo, la inversión en el desarrollo de mejores sistemas de riego podría mitigar muchos de estos impactos negativos, incluso cuando el agua sea reubicada por motivos ambientales. La inversión en dichas mejoras podría estimularse por medio de reformas políticas, por ejemplo una más audaz política de precios del agua, para estimular la conservación y la austeridad en los usos municipales e industriales, que en nuestros escenarios se suponen los primeros en demandar agua.

Dichas acciones se vuelven más importantes si se considera que, incluso sin cambios, el déficit en la cantidad de agua disponible para riego podría darse en algunas cuencas áridas del occidente de EU, al igual que en el medio oeste en donde se utiliza agua para riego de manera intensiva. Es claro que el uso eficiente del agua se está volviendo crucial para todas las regiones por razones ambientales y un rápido crecimiento en la demanda para uso municipal e industrial. El manejo adecuado del agua en EU será necesario no sólo en función de las necesidades de las ciudades, los objetivos ambientales y los usuarios agrícolas y de otro tipo, sino también para aumentar la disponibilidad de cereales y cereales para los países en desarrollo a precios asequibles en los mercados crecientemente integrados en términos regionales y mundiales.

xiv

Por todas esas razones, dada la creciente presión sobre los recursos hídricos, deben establecerse mecanismos para cobrar el agua de manera que se generen incentivos claros para su conservación y para la inversión en el desarrollo y adopción de tecnologías más eficientes para el uso de los recursos hídricos.

Lecciones para el trabajo sobre futuros

Aunque ninguno de los métodos para explorar las condiciones del medio ambiente ofrece una ventana perfecta hacia el futuro, cada uno tiene sus puntos fuertes y ha habido éxitos notables, lo mismo que fracasos. De ambos es posible aprender.

La secuencia de pasos que se siguió desde que se formuló la hipótesis científica sobre el agotamiento de la capa de ozono, hasta el amplio acuerdo internacional de acción preventiva, fue tan exitosa que merece que se le trate de emular en otras áreas de alta prioridad en cuanto a preocupación ambiental. El enfoque incluyó la hábil formulación de escenarios respaldados por sólidos modelos científicos y evidencias, una mezcla realista de políticas que tomaban en cuenta los costos de la transición al cumplir los objetivos, la disponibilidad de alternativas asequibles para los clorofluorocarbonos (CFC) y una estrategia efectiva de comunicaciones para conseguir la participación comprometida de la

comunidad científica, el sector industrial (los productores de los CFC), las autoridades gubernamentales, los usuarios finales, otros expertos y el público en general. Es posible utilizar enfoques similares en los sectores de actividad agropecuaria y forestal, en los cuales, según lo muestra el análisis preliminar del flujo de materiales, la producción aumenta en los dos sectores debido a la mayor demanda hasta sobrepasar las mejorías en eficiencia debidas a las mejorías en tecnología y productividad, con el resultado de que los impactos ambientales adversos podrían volverse de manera progresiva más graves. Por ello, la elaboración de escenarios, con el apoyo de modelos con respaldo científico, incentivos a la inversión para que estén disponibles sustitutos “más limpios”, una intervención regulatoria previsible y con largos plazos de adelanto para su instrumentación y una política efectiva de comunicaciones parecen configurar una fórmula ganadora que podría aplicarse a otras áreas de alta prioridad en materia de preocupación ambiental, por ejemplo la silvicultura y el sector agropecuario.

Cuando las tecnologías de la información estaban siendo introducidas en los decenios de 1970 y 1980, muchos expertos y no pocos economistas y ambientalistas pronosticaron cambios estructurales que resultarían en una nueva economía de la información, más favorable al medio ambiente, en la que las oficinas operarían sin papel, se enviaría menos correo y la comunicación electrónica reemplazaría los modos de transporte intensivos en energía. La nueva economía ha llegado, pero la demanda de papel sigue en rápido aumento, los volúmenes de correo siguen creciendo, ha surgido una nueva industria de mensajería y paquetería con una gran flota de camiones y aviones, además de que (por lo menos hasta el 11 de septiembre de 2001) también la gente se mueve en mayor cantidad. ¿Cuál es la razón de que tantos expertos se hayan equivocado tanto? Tal vez podamos aprender de nuestros errores. La cuestión de la tecnología de la información y las comunicaciones deberá estudiarse en mayor detalle para analizar si su fracaso en reducir las presiones sobre el medio ambiente era posible de prever, al igual que otras lecciones que puedan aplicarse a las tecnologías que están surgiendo ahora.

A comienzos de 2002, el trabajo de la CCA sobre tendencias ambientales se fusionó con las tareas permanentes de análisis de los efectos del TLCAN en el medio ambiente y el comercio en general. La meta fue mejorar las evaluaciones ambientales de la integración del mercado de la economía de América del Norte, con especial atención en los efectos ambientales de la liberalización comercial en el pasado y hacia el futuro. El enfoque adoptado para evaluar la relación entre el comercio y el medio ambiente supondrá integrar los trabajos de futuros o de pronóstico llevados a cabo en el curso del proyecto Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes de la CCA con el trabajo de análisis sobre los efectos del TLCAN desde su inicio. Un importante punto de atención será el análisis por

sectores específicos a partir de las perspectivas descritas aquí sobre las tendencias en el sector agropecuario, el forestal y el de energía.

Este nuevo programa ayudará a clarificar el grado en que la integración del mercado (impulsada por el comercio y la inversión relacionada con el comercio entre los socios del TLCAN) afecta de manera directa o indirecta la calidad del medio ambiente y las políticas al respecto. Las evaluaciones ambientales sólidas proporcionan una base sólida para identificar políticas proactivas, tanto en la arena ambiental como en la económica, con objeto de mitigar los efectos ambientales negativos derivados de la integración del mercado y maximizar los resultados ambientales positivos.

1 Introducción

¿Es nuestro medio ambiente mejor ahora que en el pasado o ha empeorado? ¿Estamos mejor que nuestros padres? Cualquiera que sea la respuesta, ¿por qué han cambiado las cosas? ¿Podremos saberlo? ¿Continuarán las actuales tendencias? ¿Cómo será la calidad del aire y el agua, del mar, la tierra y la biosfera como un todo para nuestros hijos y nietos? ¿Será la biodiversidad de este subcontinente más rica o más pobre? ¿Será nuestro clima el mismo o cambiará?

En este informe se presentan perspectivas y enfoques que aspiran a perfilar algunas de las respuestas a estas preguntas. Si la meta es modesta, su importancia es innegable. Los ministros ambientales de los países del TLCAN se enfrentan a una avalancha de datos ambientales y económicos y análisis del futuro en los cuales se espera que basen sus políticas. El reto viene no de la ausencia de datos, sino de arreglar los que están disponibles para estar bien informado y promover políticas proactivas que reflejen el comportamiento no lineal de algunos de los aspectos del cambio ambiental.

Con ese fin, el informe analiza varios métodos para responder a dichas cuestiones y aplica algunas de esas técnicas a Canadá, Estados Unidos y México, países signatarios del TLCAN. Se examinan dos amplias categorías:

- métodos numéricos intensivos para obtener un conocimiento más al detalle y fácil de transmitir de las tendencias ambientales pasadas y presentes y de los factores que las explican y
- técnicas para el diagnóstico y la previsión de problemas ambientales futuros.

El punto de partida de este análisis es el marco conceptual y los hallazgos desarrollados por el Secretariado de la CCA respecto de los motores del cambio ambiental y las tendencias ambientales resultantes.

1.1 Los motores del cambio ambiental

El grupo sobre tendencias identificó cuatro principales motores del cambio ambiental:

- crecimiento demográfico y urbanización,
- crecimiento económico,
- factores que acoplan o desacoplan el crecimiento económico con el daño ambiental y
- decisiones sobre tecnologías en áreas como transporte, energía, informática y otras.

Queda claro que ninguno de estos motores actúa por sí solo y que la interacción entre ellos puede ser compleja e intrincada, como se verá más adelante. Una prueba de la utilidad de las varias técnicas descritas más adelante para examinar las tendencias pasadas, presentes y futuras será su capacidad para ilustrar los efectos de estos motores.

2

1.1.1 Crecimiento demográfico y urbanización

Es claro que el crecimiento de la población y la urbanización intensifican las presiones sobre el medio ambiente. Por supuesto que ni la presión demográfica ni la expansión urbana actúan aisladas y su relación está lejos de ser lineal o unidimensional. Hay todavía mucho que aprender sobre las muchas formas en que estos impulsores pueden generar cambios en un amplio espectro de variables ambientales

La población combinada de América del Norte es de alrededor de 405 millones, alrededor de siete por ciento de la población mundial, y se espera que crezca alrededor de 30 por ciento hasta 515 millones para 2025, en particular en las áreas urbanas costeras. En el mismo periodo, la proporción de la población que habita en áreas urbanas es factible que crezca de 75 a 85 por ciento. Virtualmente cada capítulo de este informe se ocupa en forma directa o indirecta de los impactos ambientales del crecimiento de la población y la urbanización. El capítulo 8 se centra en profundidad en un impacto específico de la urbanización, el potencial de creciente competencia por el agua entre las áreas urbanas y las

rurales y sus posibles consecuencias, al igual que formas de reducir el impacto negativo de esta competencia.

1.1.2 Crecimiento económico

Entre 1994 y 2000, el comercio total entre Canadá, Estados Unidos y México se incrementó de \$EU347 miles de millones a más de \$EU700 miles de millones. En 2000 estas economías produjeron más de \$EU11 billones en bienes y servicios. El crecimiento económico y demográfico ha significado más producción y más consumo, lo que a su vez (en igualdad del resto de las circunstancias) implica mayor contaminación, un uso más intensivo del suelo y mayores presiones sobre los recursos ambientales. Aunque muchas fallas del mercado y de la estructura de precios (mismas que la liberalización comercial y los programas de ajuste estructural intentan abordar) son ahora ampliamente reconocidas como importantes causas subyacentes de la degradación ambiental, la mayor parte de las políticas económicas no incorporan consideraciones ambientales

No obstante, como se verá en la próxima sección, la degradación ambiental no ha aumentado a la misma tasa que el crecimiento económico o demográfico debido a la intervención de un amplio número de variables, así como a una amplia variedad de cambios estructurales y técnicos que pueden intensificar o reducir el daño. En casi todo este informe, pero en particular en los capítulos 2, 3, 4, 6, 7 y 8, se ilustran varias consideraciones relevantes para entender algunos aspectos del impacto ambiental en el pasado, el presente y el futuro.

3

1.1.3 Factores de desacoplamiento

Los factores de desacoplamiento son aquellos que pueden reducir o eliminar el impacto negativo del crecimiento económico en el medio ambiente. Pueden incluir los efectos de:

- cambios económicos y medidas para mitigar los efectos ambientales negativos del crecimiento económico; por ejemplo, las regulaciones ambientales o las iniciativas para estimular el uso de equipos para reducir la contaminación, aumento en las ganancias que permite gastos en dicho equipo o mejoras en la productividad que aumentan los productos sin incrementar los insumos;
- cambios en la estructura subyacente de la economía para alejarse de actividades de alto impacto, como la extracción de recursos o la manufactura primaria, hacia servicios de bajo impacto o productos basados en la información, y
- mejoras tecnológicas que lleven a mejorar la eficiencia en el uso de los recursos.

Existen ya sólidas pruebas de un desacoplamiento aunque sea parcial entre el crecimiento económico y la degradación ambiental. Sin embargo, la economía de América del Norte y los flujos comerciales entre los socios del TLCAN han venido creciendo con tal rapidez que el aumento en la escala ha tendido a sobrepasar las ganancias por eficiencia resultantes de los factores de desacoplamiento. Este aspecto se analiza en los capítulos 3 y 4 (en el contexto del análisis de las implicaciones ambientales de los flujos de materiales en los sectores forestal y agropecuario), el capítulo 6 (en un examen de las formas de anticipar las condiciones de los futuros ambientales) y el capítulo 7 (en la medida en que afecta la competencia por el agua entre las áreas urbanas y rurales).

1.1.4 Elección de tecnologías

Las tecnologías “verdes”, definidas como aquellas que mantienen o reducen el uso de recursos y las emisiones contaminantes, pueden contribuir a desacoplar el crecimiento económico y la degradación ambiental. Otras tecnologías pueden intensificar los efectos negativos sobre el medio ambiente. Algunas veces no está del todo claro si, en balance, una tecnología contribuye a un uso más eficiente de los recursos o a menos emisiones. En los capítulos 2, 6 y 8 se plantean discusiones adicionales sobre el desacoplamiento y las expectativas de que las tecnologías de información y comunicaciones podrían constituir un factor de desacoplamiento. En contraste, cuando se modela la competencia por el agua entre sus usos urbano y rural, el capítulo 7 analiza los beneficios ambientales potenciales derivados de los sistemas de riego más eficientes. Los capítulos 3 y 4, en su presentación general del flujo de materiales en los sectores forestal y agropecuario, analizan el impacto de un uso más eficiente de los recursos en estos sectores.

1.2 Tendencias ambientales en uso del suelo y contaminación atmosférica

Una tendencia puede definirse como “una representación verbal o numérica de una serie de características que se pueden calcular en el tiempo y ofrecen un indicador de la orientación general de cambio. Una tendencia puede ser una evaluación subjetiva de una situación o una medición objetiva o numérica”.⁸ El análisis de tendencias puede resultar muy útil para los responsables de las políticas y otros sectores que necesitan entender lo que ha ocurrido en el pasado y lo que está ocurriendo hoy. Es con frecuencia menos exitoso como base para la predicción de lo que ocurrirá en el futuro, consideración importante en la medida en que uno de los objetivos de la política ambiental es tomar medidas

preventivas para limitar los desafíos ambientales antes de que éstos se vuelvan graves o generalizados.

El Grupo sobre Tendencias de la CCA identificó tres categorías generales de tendencias ambientales críticas en América del Norte: cambios en el uso del suelo, agotamiento de los ecosistemas marinos y contaminación atmosférica, además de los ya anotados en la agenda ambiental, entre ellos el cambio climático, la disminución de los bancos de peces y otros. Todos ellos fueron abordados de manera extensa en el informe sobre el estado del medio ambiente publicado por la CCA en enero de 2002. En el presente informe la atención se centrará principalmente en las tendencias asociadas con el uso del suelo, aunque se incluirá también una somera consideración de la contaminación atmosférica.

1.2.1 Cambios en el uso del suelo

Prácticamente todos los impulsores del cambio ambiental tienen un impacto en el uso del suelo, de formas tales que varían en grado y complejidad dependiendo del área geográfica en consideración, la preocupación ambiental y otros factores. Estas complejas madejas de causalidad no siempre son bien entendidas.

Cualquiera que sea la mezcla de causas, es bien sabido que los efectos de los cambios en el uso del suelo pueden reverberar en todo el medio ambiente, a escala planetaria. Las tendencias mundiales en el uso del suelo pueden afectar, por ejemplo, la generación de gases con efecto invernadero, cuya acumulación en la atmósfera puede provocar cambio climático global. Se han hecho cálculos, quizá no del todo confiables, de que el cambio en el uso del suelo, principalmente la deforestación, ha incrementado en hasta 35 por ciento el nivel de CO₂ en la atmósfera en los pasados cien años, además de conducir a una importante pérdida de hábitat y biodiversidad. El capítulo 3 analiza varios de estos puntos de preocupación en relación con el flujo de materiales en el dinámico sector forestal de América del Norte.

El sector agropecuario es otro que hace uso intensivo del suelo y puede tener un profundo impacto en el medio ambiente. Es factible que el crecimiento continuo del sector agropecuario haya sobrepasado muchas de las mejoras en la eficiencia en el uso de recursos y esté significando una presión creciente en el medio ambiente en diversas formas: como fuente de gases con efecto invernadero, como generador de contaminantes, como agotador de los recursos de agua dulce y en otras formas. El capítulo 4 examina el flujo de materiales en el sector agropecuario en la región del TLCAN con la idea de clarificar los factores que influyen en el impacto del sector sobre el medio ambiente. El capítulo 7 se ocupa de las cuestiones hídricas en el contexto de un modelo utilizado para evaluar las implicaciones de la competencia futura por el agua entre usuarios urbanos y rurales.

1.2.2 Contaminación atmosférica

El crecimiento demográfico, la urbanización, el crecimiento económico, los factores de desacoplamiento y las decisiones sobre tecnologías pueden afectar, todos, la contaminación atmosférica. La discusión amplia sobre calidad atmosférica en América del Norte se planteó en el informe sobre el estado del medio ambiente publicado en 2002, *El mosaico de América del Norte*. Por su parte, este informe se centra, en el capítulo 8, en el análisis sobre la forma en que el trabajo sobre futuros pudo pronosticar el surgimiento de un problema ambiental, en este caso el agotamiento de la capa de ozono, y movilizar a la opinión pública en torno de las acciones preventivas.

1.3 Aspectos destacados del informe

Son dos al menos las conclusiones que pueden derivarse de esta discusión sobre las tendencias ambientales y los motores del cambio ambiental.

La primera es que la causalidad en esta variedad de impulsores y tendencias es multidimensional. Aunque es posible identificar los impulsores del cambio ambiental, más compleja resulta la tarea de clasificar cuáles de esos impulsores están en juego, qué efecto están teniendo, cómo se da la interacción entre ellos, como debe sopesarse su efecto en relación con otros impulsores, qué variables ambientales pueden potenciar o disminuir su influencia y así sucesivamente. Asimismo, dado que el cambio ambiental puede afectar la economía, puede también tener sentido hablar de “impulsores ambientales”. El Grupo sobre Tendencias de la CCA analizó dos enfoques para evaluar y transmitir tendencias y condiciones ambientales pasadas y presentes: el análisis de flujo de materiales y el análisis de la huella ecológica. Estas técnicas se describen y aplican a las condiciones de América del Norte en los siguientes cuatro capítulos:

- **Capítulo 2** presenta el análisis de flujo de materiales, método para evaluar el flujo de los materiales al interior de la economía y destacar sus implicaciones en el medio ambiente;
- **Capítulo 3** emprende un análisis preliminar del flujo de materiales en el sector forestal de los tres países del TLCAN;
- **Capítulo 4** presenta un análisis preliminar del flujo de materiales en el sector agropecuario de Canadá, Estados Unidos y México, y
- **Capítulo 5** analiza el enfoque de huella ecológica para cuantificar impactos ambientales.

La segunda conclusión es que las tendencias ambientales, aunque resultan de utilidad para establecer qué pasó y qué pasa en el medio ambiente, su utilidad es menor cuando se trata de ayudar a los encargados de las políticas, los investigadores y otros sectores a entender qué es lo que pasará. El conocimiento de las tendencias pasadas y presentes puede servir de información y quizá de base para los esfuerzos por entender el futuro, pero resulta insuficiente en sí mismo para vislumbrar el futuro, a menos que se acepte la improbable hipótesis de que las tendencias pasadas y presentes se prolongarán de manera continua y sin cambio hacia un futuro indefinido. Se han desarrollado, de hecho, una multitud de métodos, técnicas y enfoques para arrojar luz respecto de un futuro en el que nuevos factores entren en juego y las tendencias puedan desaparecer o evolucionar hacia nuevas configuraciones. La parte final de este informe examina algunas de las técnicas prometedoras para asomarnos a esos futuros ambientales:

- **Capítulo 6** sondea de modo breve varios métodos para pronosticar las condiciones ambientales futuras;
- **Capítulo 7** combina la economía comercial con complejos modelos de simulación hídrica para la elaboración de escenarios que representan la competencia futura por el agua entre las áreas urbanas y rurales, y
- **Capítulo 8** deriva lecciones del exitoso esfuerzo de previsión y control del efecto de las sustancias agotadoras del ozono y el fracaso en el pronóstico de algunos de los efectos ambientales más notorios de las tecnologías de información y comunicaciones.

2 Análisis de flujo de materiales

El Análisis de Flujo de Materiales (AFM)⁹ es una herramienta intensiva en datos para el rastreo de los flujos físicos de materiales en la economía. Es especialmente útil para documentar la eficiencia en el uso de recursos y vincular este uso de materiales con los impactos potenciales en el medio ambiente y la salud humana. En este capítulo se bosquejan algunas de las principales fortalezas y debilidades del análisis de flujo de materiales y se explica por qué su aplicación a los sectores forestal y agropecuario puede ilustrar características destacadas de la interacción entre la economía y el medio ambiente.

9

2.1 Fortalezas y debilidades

El AFM es una herramienta metodológica para documentar, caracterizar y cuantificar (en toneladas de materiales) los flujos físicos a través de la economía como insumos de los diversos sectores y subsectores industriales. El objetivo es hacer el seguimiento de la eficiencia de los recursos y explorar los potenciales efectos en el medio ambiente y la salud humana de los usos que se dan a dichos materiales.

El análisis trata de rastrear:

- Los flujos “visibles” de materias primas y productos finales que se intercambian en el mercado, factibles por tanto de rastrear en cierto grado con cuentas monetarias, y

9 Este capítulo y los próximos dos se derivan de Matthews y Ottke, 2001.

- Los flujos “ocultos” asociados con poner las materias primas a disponibilidad para su uso económico pero que no entran en sí en la economía (por ejemplo, restos del corte en los bosques, residuos de los cultivos o suelo erosionado de los terrenos de cultivo).

No hace falta señalar que los flujos ocultos pueden ser muy difíciles de documentar. En las cuentas monetarias usualmente se les ignora (o se les excluye de forma explícita), aunque sus impactos en el medio ambiente pueden ser considerables. Es claro que resultaría deseable contar con una contabilidad sistemática de las dimensiones físicas de la actividad económica, y eso es lo que el AFM intenta hacer.

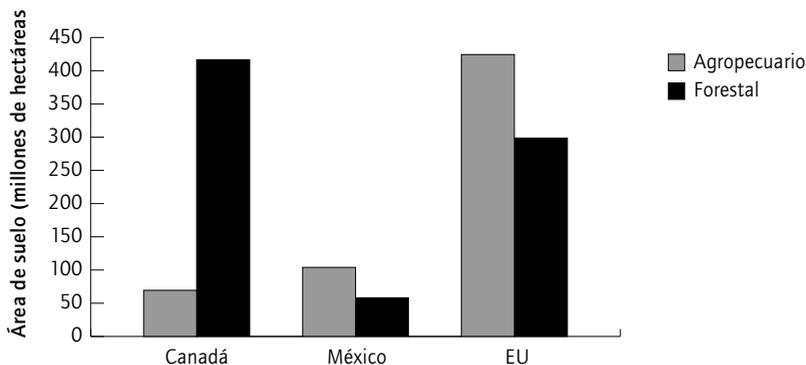
El método, sin embargo, tiene flancos débiles que se deben principalmente a nuestra falta de experiencia en la recolección y el análisis de datos, problemas que pueden corregirse con el tiempo. La técnica es muy intensiva, por ejemplo en cifras, y la recopilación de una base de datos de los flujos de materiales puede ser muy ardua. Otra dificultad es que cada flujo material se convierte a la misma unidad: una tonelada de desecho tóxico tiene el mismo valor que una de suelo erosionado. No existe tampoco fórmula para elaborar un cálculo del impacto ambiental posible del flujo o uso de una tonelada de material. Este tipo de análisis tiende asimismo a ignorar la importante interacción entre sectores económicos relacionados, por ejemplo el agropecuario y el forestal. Además, no se ocupa de temas hídricos. Por último, a la hora de agregar los datos puede perderse información importante.

10

Se espera que muchas de estas debilidades desaparecerán una vez que se haya adquirido más experiencia con el método y que se le haya perfeccionado. El AFM promete ofrecer una forma útil de explorar con medios cuantitativos la intersección entre la economía y el medio ambiente. Puede ser útil desde ahora en el rastreo de sustancias que han adquirido importancia ambiental, quizá debido a su toxicidad u otro atributo. La técnica puede también ser utilizada para ayudar a organizar indicadores ambientales y económicos complejos, lo mismo que otro amplio grupo de datos, en formas tales que sean accesibles para el público en general, lo mismo que para los expertos. Con base en las tendencias en los flujos de materiales es posible también elaborar escenarios de futuros al respecto, sobre emisiones y sobre eficiencia para los siguientes 10 o 20 años, según las proyecciones macroeconómicas y sectoriales. El método puede permitir, por ejemplo, el análisis del flujo de fibra de madera bajo diferentes supuestos sobre las tasas de crecimiento de la economía, tecnologías utilizadas y tasas de reciclado. Dicho enfoque puede también permitir la comparación de los aportes de las diferentes sustancias químicas para una mayor eficiencia de los insumos (menor uso de recursos por unidad de producto económico), mayor eficiencia de producto (menos emisiones al ambiente por unidad de producto

económico), o menor toxicidad por unidad de producto. Es factible que el AFM pueda también ser utilizado junto con el modelado, la elaboración de escenarios y otras de las técnicas a discusión en los capítulos 6, 7 y 8, para explorar las condiciones ambientales futuras.

Gráfica 1. Terrenos forestales y agropecuarios (pastizales y cultivos) por país



Fuentes: Total de tierra y sector forestal: NRCan 1998;
 Terrenos de cultivo y pastizales, OCDE, 1995b, INEGI, Semarnap 1998;
 Área de bosque: SARH 1994; Terreno de cultivo: INEGI 1995a; Pastizal: FAO

2.2 Los sectores agropecuario y forestal y el medio ambiente

Existe ya una base de datos de flujos de materiales para los sectores agropecuario y forestal de EU. Elaborada por el Instituto Mundial para los Recursos Naturales (WRI), la base cubre alrededor de 95 por ciento de los flujos de materiales en dichos sectores entre 1975 y 1996. Fue en parte considerando la disponibilidad de esta rica fuente de datos que la CCA preparó, en cooperación con Canadá y México, un análisis preliminar de flujos selectos para este periodo en los sectores forestal y agropecuario en Canadá y México. Pero no fue ésa la única razón para emprender este análisis. Los sectores forestal y agropecuario son importantes para la economía de los tres países y su impacto ambiental es muy visible debido a que son intensivos en uso del suelo.

De hecho, los sectores agropecuario y forestal dan cuenta de 67 por ciento de la masa terrestre de los tres países. Los bosques o selvas cubren alrededor de 37 por ciento. Los pastizales y terrenos de pastoreo otro 17 por ciento y 13 por ciento los terrenos de cultivo. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el bosque que cubre alrededor de la cuarta parte de la masa continental de EU, Canadá y México representa alrededor de 16 por ciento de los bosques mundiales.¹⁰

10 FAOSTAT, 1998.

Los bosques no están distribuidos de manera uniforme entre los tres países. Hay una enorme variación de suelo boscoso entre ellos. Canadá tiene 54 por ciento (418 millones de hectáreas) de los bosques de la región, mientras que EU tiene 39 por ciento (298 millones de hectáreas) y a México corresponde siete por ciento (57 millones de hectáreas).

Los tres países difieren también respecto de la cantidad de suelo dedicado al sector agropecuario. En México, 12.7 por ciento de la tierra se usa para cultivos, mientras que 14.2 por ciento se usa para pastoreo.¹¹ Alrededor de la quinta parte del territorio de EU se dedica al cultivo.¹² En contraste, sólo siete por ciento de la gran masa terrestre de Canadá está clasificada como agrícola, aunque ese porcentaje representa alrededor de dos tercios del terreno potencialmente arable de la nación.¹³ De hecho, 88 por ciento del suelo agrícola de América del Norte se encuentra al sur de la frontera canadiense con EU.

Como se verá más adelante, las cantidades de suelo dedicadas a los sectores forestal y agropecuario en los tres países tienen profundas implicaciones respecto del tamaño y la orientación de los flujos de materiales en estos sectores en los tres países.

2.3 Resumen

12

Como se mostrará en los próximos dos capítulos, el análisis de flujo de materiales puede proporcionar una perspectiva única respecto del uso de materiales dentro de los sectores agropecuario y forestal y sus implicaciones ambientales para los pasados 25 años. Sin embargo, debido a la calidad de los datos ahora disponibles y los problemas conceptuales asociados con el AFM en esta etapa inicial de su desarrollo, es importante proceder con cautela respecto de sus implicaciones para las políticas. Por ejemplo, aunque se estudiaron muchos aspectos de ambos sectores, fue imposible por ahora incluir la información sobre el uso de energía o plaguicidas, ambos con importantes impactos ambientales. Con todo y sus limitaciones, los resultados preliminares que se presentan en los próximos dos capítulos revelan patrones de uso de materiales no siempre evidentes a partir de los datos materiales, demostrando con ello el potencial de la metodología.

11 INEGI-Semarnap, 1998.

12 USDA, 1992.

13 EC, 1996.

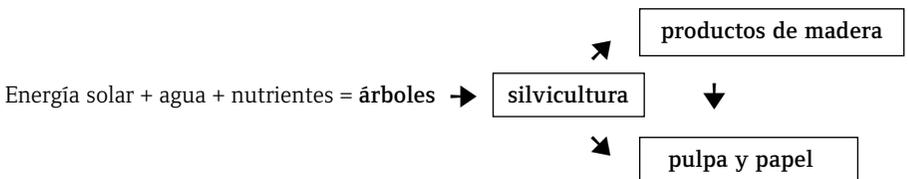
3 Flujo de materiales en el sector forestal

La aplicación del AFM al sector forestal puede arrojar luz tanto respecto de la eficiencia del sector como del grado en que resulta sustentable. Pero primero será necesario definir los aspectos que se cubrieron en nuestro análisis y qué entendemos por materiales, así como los varios subsectores en los que los materiales fluyen. Sólo entonces es posible discutir de una manera sustantiva el tamaño y la naturaleza de estos flujos y sus implicaciones ambientales. Por último, analizaremos los flujos y sus implicaciones en el contexto del TLCAN y las tendencias actuales en el comercio de materias primas forestales y sus productos.

13

3.1 Definición de los flujos materiales y las industrias en el sector forestal

En su nivel más general, el flujo de materiales en el sector forestal pueda caracterizarse como sigue:



En otras palabras, el ciclo natural o material comienza con la energía solar, el agua y los nutrientes, metabolizados por los árboles y convertidos en tejido maderero. Sólo los tres elementos (carbono, nitrógeno y fósforo) presentes en la madera en tasas razonablemente constantes, fueron presentados como materiales en el análisis preliminar de la CCA, e incluso esos tres materiales no serán discutidos aquí.

Todos estos materiales, sin embargo, representan insumos para la industria silvícola, que aprovecha los árboles. Hubo, desafortunadamente, carencia de datos a escala nacional que hubiera permitido el análisis de los insumos creados por el hombre, como la energía fósil, los nutrientes y los plaguicidas. Los productos de la industria silvícola se materializan en leña y carbón, así como en madera industrial (dura y blanda). Los productos de desecho de la industria silvícola incluyen los residuos de madera (roza), y sus elementos constituyentes, aunque la roza de la tala encuentra un mercado creciente como mantillo agrícola.

Los productos de madera industrial de la industria silvícola se convierten en insumos de la industria de productos de madera. Esta industria procesa la madera y la convierte en varios productos, entre ellos madera aserrada, triplay, chapas y productos laminados. La industria también utiliza como insumos:

- 14 – fibra recuperada de residuos de procesos y madera de desecho, por ejemplo la rescatada de demoliciones;
- insumos químicos, entre ellos los agentes de conservación y los adhesivos, y
- energía fósil que no está documentada en el presente estudio.

Los flujos de desechos de la industria incluyen emisiones al aire y al agua del procesado y de los combustibles, al igual que la madera que se desecha una vez usada. En el tiempo disponible fue posible documentar sólo algunos de estos flujos.

La industria de la pulpa y el papel, la madera en rollo del subsector silvícola, los residuos de la industria de productos de madera y los desechos de papel recuperados representan todos insumos de fibra, lo mismo que unas pocas fibras no derivadas de la madera. Otros insumos incluyen a los combustibles fósiles, la biomasa (derivada de subproductos de industrias de madera y papel) y las sustancias químicas utilizadas para descomponer las fibras de madera y estabilizar y blanquear el papel. Los productos de la industria incluyen la pulpa de madera, pulpa de otras fibras, papel y cartón. Los flujos de desechos incluyen las emisiones del procesamiento y la quema de combustible, así como los productos de papel y cartón desechados luego del uso.

Es importante tomar en cuenta que el sector tiene una fuerte dimensión internacional y es factible que las importaciones de otros países complementen los insumos materiales en cualquier etapa. Es posible que las operaciones forestales

utilicen fertilizantes y plaguicidas importados. Las industrias de productos de madera en los tres países importan troncos, madera aserrada y tablones, al igual que productos terminados. Las industrias de pulpa y papel importan pulpa y papel recuperado, lo mismo que papel y productos de cartón. De igual forma, una fracción de los productos de los tres subsectores se exportan a otros países.

Los flujos de desechos en forma de emisiones al aire o al agua pueden también ser “exportados” cuando se transportan por medio de procesos naturales a través de las fronteras nacionales. Esta categoría de flujo representa uno de los más interesantes aspectos del AFM, pero requiere de investigación original más allá del alcance de este estudio.

3.2 Análisis del flujo de materiales en el sector forestal

El análisis de los flujos de materiales en la industria forestal se centra en sus tres principales subsectores: la industria silvícola, la industria de productos de madera y la industria de pulpa y papel. Más adelante se examinarán aspectos destacados del flujo de materiales dentro de cada uno de estos subsectores para los tres países.

3.2.1 Industria silvícola

Al analizar el flujo de materiales en la industria silvícola, el énfasis se pondrá en los aspectos que pueden tener impactos ambientales sustantivos, entre ellos:

- el tamaño y la naturaleza de las cosechas de madera en rollo,
- los residuos de la tala dejados en los bosques, y
- la importancia del combustible de leña para la industria

Debe anotarse que los investigadores no buscaron datos para Canadá en las primeras dos áreas.

Producción de madera en rollo: Existen grandes diferencias en la producción de madera en rollo en Canadá, Estados Unidos y México, mismas que podrían tener implicaciones ambientales.

En México, la producción de madera en rollo alcanzó 1.26 toneladas por hectárea de bosque autorizado en 1975 y aumentó a 2.1 toneladas en 1998. Este incremento sugiere ya sea el cambio a plantaciones silvícolas más productivas o el aumento en el retiro de madera de los bosques maduros, en donde el tamaño de los árboles es mayor. Este incremento en productividad por hectárea puede tener serias implicaciones para la biodiversidad debido al clareo de hábitat natural de los bosques.

La producción de madera en rollo en EU en 1996 promedió 1.4 toneladas por hectárea de bosque disponible. Esta tasa relativamente modesta refleja el hecho de que los árboles maduros más grandes ya han sido talados o puestos bajo protección y se les ha remplazado con árboles de menor edad en espacios bajo manejo. El tamaño promedio (medido en diámetro a la altura del pecho) de los árboles talados ha disminuido alrededor de 20 por ciento entre 1975 y 1991.¹⁴

Residuos de la tala: Resulta asimismo instructivo comparar los desperdicios de tala dejados en el bosque en México y EU.

En México los residuos dejados en el bosque alcanzaron 40 por ciento del total de la madera talada por peso en 1975 y a 44 por ciento en 1998.

La tendencia en Estados Unidos fue exactamente la contraria. En 1975 los residuos de la tala en el bosque alcanzaron 48 por ciento del total de la cosecha de madera en rollo, pero fueron de sólo 23 por ciento en 1996. La industria estadounidense, en contraste con su contraparte mexicana, parece estar aprovechando más del árbol del bosque durante las operaciones de cosecha. Los llamados "residuos" están encontrando mercado como mantillo agrícola, insumos para el procesado de madera y pulpa y, en un grado limitado, combustible en plantas de electricidad de biomasa. Con todo, aunque la productividad económica de los terrenos forestales de EU se ha incrementado, los nutrientes presentes en los residuos se han removido del ecosistema forestal. Esta situación sugiere que, en ausencia de alguna fuente adicional de fertilizante, algunos de los bosques en producción podrían estar siendo objeto de extracción de nutrientes.

Leña: Debido a que la quema de la madera puede ser altamente contaminante, el grado en que un país depende de la leña como fuente de energía puede tener implicaciones importantes para el medio ambiente y la salud.

La madera y el carbón siguen siendo fuentes importantes de combustible en México, en especial entre la población rural pobre. La recolección de leña alcanzó 12.3 millones de toneladas en 1998, equivalente a 58 por ciento del total de cosecha de madera en rollo en una proporción que se ha mantenido constante desde 1975. De hecho, a pesar del crecimiento económico de México y el desarrollo social de los pasados 25 años, el consumo de leña ha crecido en alrededor de 20 por ciento. El mantenimiento de alto consumo de leña por habitante tiene potenciales implicaciones tanto para la deforestación como para la salud humana.

En Canadá, la leña representa alrededor de cuatro por ciento del abasto nacional de energía.¹⁵ La leña recogida en 1996 alcanzó 3.3 millones de toneladas, casi tres por ciento del total de producción de madera en rollo. Esta cifra representa un aumento importante respecto de la recolección de leña en 1995 que fue de sólo 2.2 millones de toneladas, aunque en términos porcentuales fue una proporción ligeramente mayor del total de producción de madera en rollo.

En Estados Unidos la madera proporciona tres por ciento del abasto nacional de energía, más o menos el promedio entre las naciones industrializadas.¹⁶ No

14 Matthews et al., 2000.

15 FAO, 1997b.

16 FAO, 1997b.

obstante, la recolección de leña en volumen, casi 50 millones de toneladas, representa alrededor de 18 por ciento del total de madera en rollo, aproximadamente seis veces la proporción que en Canadá. También en contraste con Canadá, país en que la leña como proporción del total de madera en rollo se ha mantenido casi constante desde 1995, la leña en EU representó sólo seis por ciento del total de madera redonda cosechada en 1975, alrededor de un tercio de la proporción hoy día. Estados Unidos es también atípico en cuanto que casi 60 por ciento de la madera utilizada como combustible proviene directamente de los bosques.¹⁷

En otros países industrializados la mayor parte de la energía de madera se deriva de la quema de licor negro y otras formas de residuos de la industria silvícola. La combustión de la madera puede ser altamente contaminante, pero harían falta análisis más a fondo para conocer la proporción de madera quemada en plantas eléctricas equipadas con equipo de control de la contaminación, por oposición a la quemada en hogares privados sin ese equipo.

3.2.2 Industria de productos de madera

Al analizar los flujos de materiales en la industria de productos de madera se debe poner particular atención a:

- el crecimiento y la naturaleza de los productos,
- las mejorías en eficiencia de los insumos, y
- la contaminación química por productos de madera desechados.

Como se verá más adelante, estos aspectos de la industria tienen importantes implicaciones ambientales.

Crecimiento considerable en productos: La producción total del subsector de bienes maderables en los tres países ha crecido considerablemente desde 1975: alrededor de 60 por ciento en Estados Unidos, 140 por ciento en Canadá y 60 por ciento en México. El cuadro 1 muestra la producción de las principales categorías industriales de madera en rollo.¹⁸

Estados Unidos domina en todas las categorías de la producción industrial de madera en rollo. Entre 1975 y 1996, la producción creció para la mayoría de chapas laminadas, tablas aglomeradas y paneles de fibra. El crecimiento más rápido se dio en la fabricación de paneles de fibras orientadas, que se multiplicó casi 50 veces a partir de una base ciertamente pequeña. La producción de madera aserrada de menor valor también aumentó en alrededor de 42 por ciento.

El panorama canadiense es similar al de EU en el sentido de que la generación de productos procesados ha crecido, entre ellos las tablas aglomeradas y las chapas laminadas. El crecimiento, sin embargo, ha sido mucho más lento que en

17 Nilsson et al., 1999.

18 Los datos de México se obtuvieron en un formato ligeramente diferente en el que los subtotales por categoría no son comprobables. Algunas tendencias, no obstante, son claras.

EU. Por el contrario, la producción de madera blanda aumentó más de 130 por ciento, mucho más rápido que en EU.

Cuadro 1 Producción de las principales categorías industriales de madera en rollo, 1996

(Miles de toneladas, peso seco)

	Estados Unidos	Canadá	México
Madera blanda	49,310	31,355	
Triplay y laminados	11,072	1,150	
Paneles	17,209	3,799	
Otros	6,479	783	
Madera aserrada			2,034
Triplay			189
Tablas de aglomerado y fibra			271

Nota: Datos de México para 1998

A pesar de un crecimiento importante en la industria de procesamiento de madera, la producción mexicana sigue siendo muy pequeña comparada con la de EU y Canadá, como se muestra en el cuadro 1. La producción de madera aserrada, categoría usada sólo en las compilaciones mexicanas, aumentó más de 60 por ciento, mientras que la producción de todas las tablas, paneles y triplay casi se triplicó. La producción de hojas laminadas aumentó de 2.5 millones de toneladas en 1975 a más de 30 millones de toneladas en 1994, el más reciente dato disponible.

Mejor aprovechamiento de las fibras: En Canadá y Estados Unidos, la introducción de tecnologías de aserrado más eficientes resultó en mejoras paulatinas en la cantidad de productos comerciales derivados de una cantidad constante de madera. Los datos de México no nos permiten calcular la tasa de insumo a producto.

En Estados Unidos las mejoras en la eficiencia han sido impresionantes. Los insumos de madera en rollo para madera de construcción aumentaron 31 por ciento entre 1975 y 1996, mientras que la producción de madera de construcción creció 43 por ciento en el mismo periodo. Los insumos para paneles crecieron 106 por ciento, mientras que los productos terminados aumentaron 267 por ciento. Ello representa importantes mejoras en eficiencia que se han complementado con creciente uso de los residuos de los aserraderos en otros productos de madera como las tablas de aglomerado, las tablas de fibra y los paneles de fibra orientada. La oferta de estos productos ha crecido sustancialmente, aunque las cantidades siguen siendo menores comparadas con la madera blanda.

En Canadá, las mejoras en eficiencia fueron probablemente similares, aunque los datos no son comparables en sentido estricto. Los insumos de madera en rollo para construcción, triplay y laminados aumentaron 106 por ciento entre 1975 y 1996.¹⁹ La producción de madera blanda representó 96 por ciento del

producto de estas categorías, con un crecimiento de 134 por ciento en el mismo periodo, mientras que la producción de triplay disminuyó ligeramente y la de laminados de madera aumentó 42 por ciento.

Las mejoras en eficiencia y la creciente utilización de residuos de la madera reduce la presión de la creciente demanda de productos de madera sobre las tasas de cosecha. En Estados Unidos y Canadá se ha generado cierto desacoplamiento entre el crecimiento del producto y las necesidades de insumos. Aun así, la cantidad de insumos totales se ha incrementado sustancialmente debido a la demanda y es factible que ese crecimiento continúe.

Contaminación por sustancias químicas de productos de madera desechados: Es necesario señalar que hay una creciente demanda de productos aglomerados de madera tratada a presión, en los cuales se usan como conservadores cobre, cromo y arsénico. En EU el uso de esta forma de arsénico se ha multiplicado por 20, de mil toneladas en 1975 a 20 mil toneladas en 1996. La madera tratada a presión da cuenta ahora de más de 90 por ciento del uso total de arsénico en EU. En apariencia, el arsénico es relativamente benigno mezclado en los productos de madera, pero hay preocupaciones crecientes de que pueda mudarse al final de la vida útil del producto. Los productos de madera desechados por lo general se queman, se depositan en rellenos sanitarios o se reducen a astillas para su utilización como mantillo agrícola. Hay alguna evidencia de que en Florida los residuos de madera del mantillo han contaminado el agua potable con arsénico.

3.2.3 Industria de pulpa y papel

La producción de pulpa y papel representa un subsector de rápido crecimiento y alto valor en el sector forestal. Muchos de sus efectos ambientales pueden identificarse en rastreo inverso hacia los insumos de fibra, sustancias químicas y energía requeridos para sus productos. Una pregunta importante es si las fuentes alternativas de insumos y las mejoras en eficiencia en su utilización pueden disminuir los impactos del aumento en la demanda de insumos debida al crecimiento de la industria.

Crecimiento de los productos: Los dos principales productos de la industria de la pulpa y el papel son:

- pulpa, producto intermedio que se procesa para obtener papel o se exporta, y
- papel y cartón.

En contraste con otros productos industriales derivados de la madera, la demanda de papel parece exceder el crecimiento del PIB de los países

19 Los insumos de madera redonda para estos productos no están diferenciados en los datos proporcionados por el WRI.

industrializados. Las industrias de la pulpa y el papel de EU, Canadá y México continúan respondiendo a la creciente demanda de sus productos.

Como fue el caso con otros productos de madera, Estados Unidos domina de manera abrumadora la producción de papel y cartón de América del Norte. La industria de la pulpa y el papel es también el subsector más grande del sector forestal. La industria, que consume menos de 40 por ciento de la madera industrial producida, da cuenta de casi 60 por ciento del valor del producto total del sector, en el que generó \$EU138 mil millones en 1996.

El patrón es muy similar en Canadá. La producción de papel concentra un tercio de los productos internos de madera por peso y 62 por ciento por valor. Los embarques de papel y productos de papel con valor agregado generaron \$C35.4 mil millones.

Aunque los datos para México no son comparables en sentido estricto, el patrón parecería similar. La producción de pulpa y papel representa 65 por ciento por peso de la producción de troncos, tablas y astillas. No obstante, el sector ha crecido más rápido que en Canadá o Estados Unidos: la producción de pulpa ha aumentado alrededor de 32 por ciento y la de papel más de 200 por ciento desde 1975. El rápido crecimiento en la producción de papel es una expresión del rápido proceso de desarrollo de la economía de México, en la que el consumo de papel se ha multiplicado por cuatro desde 1975.

Insumos de la industria: El informe se ocupa de tres principales categorías de insumos para la industria de la pulpa y el papel:

- fuentes de fibra (madera, principalmente),
- sustancias químicas y materiales de saturación, y
- energía.

Los insumos de fibras pueden ser de cuatro tipos:

- astillas de madera en rollo del sector forestal (fibra virgen),
- residuos de aserraderos de la industria de productos de madera,
- fibras no de madera, por ejemplo paja o cáñamo, en cantidades menores, y
- papel reciclado.

Una tendencia importante en EU y Canadá desde 1995 ha sido el uso creciente de papel reciclado en la fabricación de pulpa y papel. Esta tendencia ha disminuido la demanda de fibra virgen y el flujo de papel usado a los rellenos municipales en áreas en que la recolección ha sido exitosa. El papel recuperado representa entre dos y nueve por ciento de los insumos de fibra en la industria canadiense, 11 a 20 por ciento en EU y entre 47 y 54 por ciento en México.

Los insumos químicos rastreados en nuestro análisis de flujo de materiales incluyen:

- caolín, usado como elemento de saturación,
- sosa cáustica, usada para disolver la fibra de madera, y
- cloro, para el blanqueado del papel.

No se dispuso de datos sobre el uso de sustancias químicas en la industria mexicana, pero en Canadá y EU el uso de los tres mencionados parece haber disminuido sustancialmente en proporción con el volumen de producto. En Canadá la reducción ha sido absoluta. Este cambio parecería ser resultado de reglamentaciones más estrictas sobre emisiones de aguas residuales y varias iniciativas de la industria para reducir las cantidades de estos desechos.

Energía. Los insumos de energía en la industria de la pulpa y el papel son difíciles de rastrear debido a que no se cuenta con datos comparables. Sabemos que el consumo de electricidad en la industria de Canadá (59.78 TWh) y Estados Unidos (142.26 TWh) en 1999 representa 12 y 4 por ciento de su respectivo consumo nacional.²⁰ Proporciones que están lejos de ser triviales.

No se dispone tampoco de datos sobre las tendencias en el uso de energía en Canadá y México, pero se sabe que la industria de EU ha incrementado su uso total de energía entre 1975 y 1996. Al mismo tiempo, las mejorías en la eficiencia permitieron que el sector redujera sus requerimientos de energía por unidad de producto, aunque no en grado suficiente para evitar un incremento en el consumo de energía por peso, de 118 millones de toneladas en 1995 a 182 millones de toneladas en 1991 (el dato más reciente disponible).

Se produjeron en el periodo cambios interesantes en la mezcla de energía, con implicaciones para el ciclo de materiales y el tipo de las emisiones asociadas. Aunque los insumos de combustibles fósiles (principalmente carbón y petróleo) aumentaron 18 por ciento, el uso de combustibles renovables (principalmente combustibles de alcohol y cantidades menores de leña y cortezas) aumentaron 72 por ciento. Por peso, los renovables se utilizaron el doble en cantidad que los combustibles fósiles en 1975 y tres veces más en 1991. Un análisis y datos más detallados permitirán la comparación de los perfiles de emisiones que resultan de esta cambiante mezcla de combustibles.

3.3 Implicaciones ambientales de las tendencias en el comercio

Desde la perspectiva del AFM el comercio entre países puede caracterizarse como un flujo internacional de materiales. Como se verá más adelante, dicho flujo tiene profundas implicaciones ambientales para los tres países que ahora pertenecen al TLCAN.

20 Agencia Internacional de Energía 2001.

3.3.1 Tendencias del comercio de productos de madera con el TLCAN

El TLCAN domina el comercio mundial de productos de madera. El valor de sus exportaciones de madera aserrada y pulpa de madera representa la mitad de las exportaciones mundiales. Los países del TLCAN dan cuenta también de casi un tercio del mercado mundial de importaciones de madera aserrada y la quinta parte del de papel y pulpa. Según el ministerio de Industria, Canadá es el mayor exportador de productos de madera en el mundo, con 19 por ciento del total mundial. Estados Unidos está en segundo lugar, con 13 por ciento.

El comercio de productos forestales afecta más a Canadá y Estados Unidos que a México, ya que casi 90 por ciento del área forestal del TLCAN está en estos dos países. Juntos, producen 40 por ciento del total mundial de madera en rollo y más de un tercio de los productos procesados de madera, incluida casi la mitad de la oferta mundial de pulpa de papel.

Una buena parte de este comercio se efectúa entre estos dos países, que antes del TLCAN eran ya importantes socios comerciales con reducidas tarifas en los bienes respectivos. El comercio entre ambos países ha continuado un crecimiento sólido desde que se firmó el Tratado. Entre 1993 y 1995 el valor de las exportaciones de EU de productos de madera hacia Canadá se incrementó casi 40 por ciento, al tiempo que la participación de Canadá entre los compradores de EU aumentó de 15 al 26 por ciento. El crecimiento fue en particular alto en los productos de madera procesados en Canadá para reexportación a EU y otros países. En el mismo periodo, las exportaciones canadienses de productos de madera a EU crecieron 55 por ciento gracias al auge de la economía de EU, las tasas de cambio favorables y el auge en la construcción, que requirió de mayores cantidades de madera de coníferas. Como resultado, el mercado de EU actualmente representa dos tercios de todas las exportaciones por valor de productos de madera de Canadá, mientras que Canadá da cuenta de más de 80 por ciento de las exportaciones de EU.

Al considerar las implicaciones ambientales de dicho comercio es importante destacar que Canadá exporta una proporción mucho mayor de su producción nacional que lo que hace Estados Unidos. El sector forestal es, asimismo, más importante para la economía canadiense que lo que resulta el sector para la economía de EU. En Canadá, la silvicultura es el sector que contribuye con la mayor proporción del PIB del país, lo mismo que en el saldo neto de la balanza comercial. En 1995, según el ministerio de Industria, los ingresos por exportaciones de productos forestales totalizaron \$C41 mil millones, en los cuales la pulpa y el papel contribuyeron con 57 por ciento, las materias primas de madera 30 por ciento, los productos de papel con valor agregado 8 por ciento y los productos de madera con valor agregado sólo 5 por ciento. Las principales exportaciones canadienses, en términos de participación en las exportaciones

mundiales, son el mercado de pulpa (32 por ciento), papel periódico (55 por ciento) y madera de coníferas para construcción (50 por ciento). Se trata de productos de escaso valor agregado, lo que significa que la circulación total de materiales es alta y el ingreso monetario relativamente bajo. En contraste, la producción de paneles de alto valor es relativamente baja, aunque con importantes exportaciones.

El comercio de productos forestales entre Estados Unidos y México muestra un patrón diferente. En términos materiales, Estados Unidos está importando menos productos de madera y más de papel de México y está exportando más pulpa y menos madera que antes del TLCAN. Sin embargo, conforme México continúa su desarrollo económico, el consumo de productos industriales de madera y papel continuará en crecimiento. La eliminación progresiva de tarifas a las importaciones de productos de madera y papel de EU los hará más competitivos en el mercado mexicano y se generará mayor presión para que los fabricantes mexicanos mantengan bajos sus precios.

3.3.2 Implicaciones ambientales del comercio de productos de madera con el TLCAN

Las proyecciones de la FAO indican que es factible que la demanda de productos industriales de madera continúe con un alto crecimiento en la región de América del Norte. Las implicaciones ambientales potenciales podrían ser diferentes en los tres países del TLCAN.

En Canadá, la dependencia de la producción y exportación de productos de bajo valor agregado y alto volumen ha estimulado altas tasas de explotación de recursos de fibra para mantener o incrementar los ingresos. Al mismo tiempo, se ha desestimulado la inversión en el manejo de silvicultura más intensiva (plantaciones, reforestación).²¹ Como resultado, la demanda de fibra tiende a satisfacerse en su mayoría con tala de bosques maduros. De hecho, el caso de Canadá es singular entre las naciones industrializadas en el sentido de que produce muy poca madera de bosques manejados y virtualmente nada de plantaciones.

Canadá cuenta con grandes reservas de árboles en pie de bosque primario, en los que el tamaño promedio es mucho mayor que en los bosques secundarios. Como consecuencia, el corte a claro sigue siendo el más común y el más rentable método de recolección y la reforestación no es sistemática.²² La madera de los bosques primarios de Columbia Británica, Ontario y Quebec domina la recolección canadiense, que utilizó tala a claro en 80 por ciento del área explotada anual.²³ Dada la creciente demanda de madera y productos de madera, es factible esperar que continúe el flujo de fibra de los bosques maduros canadienses, a menos que se tomen medidas para estimular el manejo de silvicultura más intensiva. Más de

21 Con una desagregación más al detalle del flujo de materiales y los datos financieros sería posible calcular el beneficio en dólares por tonelada de producto exportado, lo que sería un indicador útil sobre el valor de la utilización de los recursos.

22 Smith et al., 2000.

23 Smith et al., 2000, p.11.

60 por ciento de los bosques canadienses está ya en áreas de explotación forestal o a 10 kilómetros de actividad de desarrollo.²⁴

En México, la presión para que los precios de los productos de papel y madera se mantengan en niveles competitivos con los de EU podría incrementar la resistencia a controles ambientales adicionales tanto en la silvicultura como en las operaciones de aserrado. La FAO calcula que la deforestación en México alcanza una tasa de casi uno por ciento anual. Algunos estudios recientes señalan incrementos sustanciales en la actividad de tala posterior al TLCAN en el estado norteño de Chihuahua, con impactos potenciales dañinos en la biodiversidad y las comunidades indígenas.²⁵

En Estados Unidos, el esfuerzo por satisfacer la creciente demanda de productos de madera es factible que lleve no a deforestación significativa pero sí a una continua alteración en la estructura y la edad de los bosques. El servicio forestal de EU levanta datos del diámetro de los árboles, que pueden ser usados como aproximación de la edad de los mismos para tener una aproximación de la estructura del bosque. Los cambios en la distribución de las diferentes clasificaciones por diámetro en la producción de madera en EU muestran una tendencia general hacia árboles de menor tamaño y con una estructura más simple. El volumen de árboles en la categoría de mayor diámetro (29 pulgadas o más) ha disminuido a casi la mitad en los pasados 40 años, con dos tercios de la disminución en la costa del Pacífico, en particular en la franja noroeste. En conversaciones con expertos en silvicultura de EU confirman que esta aguda reducción tanto en el volumen de árboles de mayor diámetro como en el volumen general en esta zona son indicadores de reducción en el tamaño promedio de los árboles y simplificación en la estructura del bosque. La simplificación en el hábitat puede tener efectos adversos en la biodiversidad. Especies como la alcita jaspeada o el búho manchado, cuya historia evolutiva los ha hecho dependientes de los bosques de mayor edad y tamaño, se ven amenazadas de extinción como consecuencia.

24

3.4 Resumen

El análisis preliminar del flujo de materiales en el sector forestal en los tres países del TLCAN muestra claramente que hay importantes avances en la eficiencia con que el sector utiliza materiales y recursos. Estas mejoras representan al menos un desacoplamiento parcial entre el crecimiento económico y el daño ambiental en el sector. No obstante, es factible que aumente la cantidad de fibra que el sector demanda, conforme crece la demanda de madera, productos de madera y papel. Como consecuencia, es factible que los impactos ambientales continúen creciendo por lo que hará falta acelerar la tasa de desarrollo y adopción de tecnologías que faciliten mejoras adicionales en la eficiencia para contener o reducir los impactos ambientales en el sector forestal.

24 Smith et al., 2000, p. 23.

25 Guerrero et al., 2000.

Las implicaciones ambientales de esta creciente necesidad de fibra difieren según cada país del TLCAN y en las regiones al interior de ellos. En términos generales, en México y Canadá continúa creciendo la presión sobre los bosques naturales. En EU la tendencia es hacia bosques más manejados, con tendencia a uniformarlos en términos de edad, tamaño, especies y estructura general. En los tres países sigue existiendo el riesgo de pérdidas en la biodiversidad, misma que se manifiesta de diferentes maneras. Como consecuencia, será importante elaborar políticas ambientales orientadas a las áreas y los temas en que estos efectos sean más evidentes.

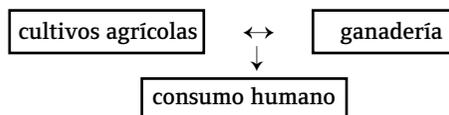
4 Flujo de materiales en el sector agropecuario

Al igual que con la silvicultura, el análisis del flujo de materiales en el sector agropecuario puede ayudar a ilustrar tanto la eficiencia del sector como el grado en que es sustentable. Pero en primera instancia es necesario señalar qué se cubrió en el análisis de flujo de materiales y qué se entiende por materiales en la actividad agropecuaria y los varios subsectores en que los materiales fluyen. Sólo entonces será posible discutir de una manera sustancial el tamaño y la naturaleza de estos flujos y sus implicaciones ambientales. Por último, analizaremos estos flujos y sus implicaciones en el contexto del TLCAN y las actuales tendencias en el comercio de las mercancías y los productos agropecuarios.

4.1 Definición del flujo de materiales y los subsectores de la actividad agropecuaria

El flujo de materiales en el sector agropecuario se puede caracterizar en lo general como:

Energía solar + energía fósil + plaguicidas + agua de riego + fertilizantes orgánicos e inorgánicos + semillas =



En otras palabras, el sector requiere de la energía solar, agua de riego, semillas, plaguicidas y fertilizantes orgánicos e inorgánicos para producir granos de cultivo y alimentar a los animales destinados al consumo humano.

De hecho, el cuadro es un poco más complicado (como lo indica la flecha bidireccional entre los cultivos y la ganadería, puesto que los granos se usan para alimentar al ganado y los desechos animales se utiliza para fertilizar el campo. Se dan también otros circuitos internos. Los residuos de las cosechas que se dejan en los campos proporcionan nutrientes para el campo al tiempo que algunos subproductos de la matanza de animales se usan para fabricar alimentos balanceados par el ganado.

Para fines del análisis preliminar efectuado por la CCA el sector agropecuario se dividió en tres grandes subsectores:

- agricultura de cultivo, que incluye el cultivo y la cosecha de granos;
- ganadería, que incluye la crianza y la matanza de aves y animales, y
- consumo humano, que consiste en el procesamiento metabólico de productos de plantas y animales por parte de los humanos.

28 Los insumos de la agricultura de cultivo son el inicio del ciclo de materiales. El estudio de la CCA rastrea sólo los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, principalmente debido a la falta de datos sobre insumos de fabricación humana como la energía fósil, plaguicidas o agua de riego. Es con la ayuda de estos insumos que la energía solar, el agua y los nutrientes se metabolizan en una gran variedad de productos, entre ellos granos, frutas, vegetales y otros alimentos para consumo humano, así como granos forrajeros y alimentos para el consumo del ganado. Los flujos de salida de la agricultura incluyen el suelo erosionado de los campos cultivados, los residuos de las cosechas (algunos reciclados como nutrientes), metano de los arrozales y el exceso de nutrientes que se sedimentan de los campos y se volatilizan en la atmósfera. Muchos de estos flujos no se pueden documentar con precisión.

Entre los insumos de la ganadería están los forrajes, alimentos balanceados y otros productos de engorda hechos de una gran variedad de granos, oleaginosas y, ocasionalmente, desechos de la matanza de animales y proteína de pescado. Entre los flujos de salida del subsector están varios tipos de carne y productos lácteos, así como productos “no comestibles” como la lana y los cueros. Los flujos de salida se componen de los desechos de la matanza y el procesado (algunos de los cuales se reciclan para alimentos balanceados), estiércol (una parte para reciclado como fertilizante orgánico) y los flujos de metano de los rumiantes.

En cualquier caso, el consumo humano representa el destino final tanto de los cultivos como de la ganadería.²⁶ El procesamiento y empaque de alimentos es

26 Es verdad también, por supuesto, que una parte de estos flujos de salida proporcionan alimento para mascotas, flujo interesante e importante que no se documentó para este estudio pero que amerita consideración.

un sector intermedio de alta complejidad y que no pudo rastrearse en este estudio. Aun así, se hicieron algunas estimaciones sobre desechos del procesado y el empaque. Los productos alimenticios son, claro, metabolizados por los humanos y se generan desechos, pero ello no se documentó en este estudio.

De hecho, debido a la relativa falta de datos sobre el consumo humano disponibles para este análisis preliminar, el principal tema de las siguientes dos secciones de este capítulo serán los cultivos de granos y la actividad ganadera.

Es preciso señalar que, al igual que con el forestal, el sector agropecuario incluye un alto volumen de comercio internacional tanto en insumos (fertilizantes, semillas y alimentos balanceados) como en productos (granos y productos animales). Los flujos “ocultos”, por ejemplo el exceso de nutrientes que se transporta en el agua a través de las fronteras o como compuestos gaseosos de nitrógeno en el aire, se están convirtiendo en un problema ambiental importante. Los flujos de excesos de nutrientes se están estudiando de modo intensivo en EU y los países europeos del norte, pero el intercambio de nutrientes en la química del suelo y los flujos de los mismos en el agua y el aire son temas fuera del alcance de este estudio.

4.2 Flujo de materiales en los cultivos agrícolas

Al analizar los flujos materiales en los cultivos agrícolas se pondrá atención especial en las estadísticas y tendencias que ilustren:

- insumos en forma de fertilizantes (en especial los nitrogenados),
- flujos de salida en forma de diferentes cultivos, y
- flujos de salida en forma de erosión del suelo, transferencias de fertilizantes y residuos de cosechas

Se prestará especial atención a la eficiencia del ciclo de materiales (es decir a la tasa de producto por insumo) y a algunas de las posibles implicaciones ambientales de los cambios de tendencias en producción y consumo.

4.2.1 Aplicación de fertilizantes

La aplicación de fertilizantes nitrogenados tuvo un gran crecimiento en EU, Canadá y México entre 1975 y 1996, periodo para el que se dispone de cifras.

En Estados Unidos, el consumo de nitrógeno en fertilizantes inorgánicos aumentó 18 por ciento entre 1975 y 1996: de 9.4 a 11.2 millones de toneladas. En el mismo periodo el área de suelo cultivable permanente declinó cinco por ciento, a 179 millones de hectáreas. Debido a estas dos tendencias, la tasa de aplicación de nitrógeno aumentó de 50 a 62 kilogramos por hectárea.²⁷

²⁷ Una fracción menor de nitrógeno se aplica a la pastura y otro tipo de suelo no clasificado como arable o de cultivo permanente.

La mayor tasa de aplicación fue en parte resultado del crecimiento de la producción de granos, que aumentó 38 por ciento en el periodo. Independientemente de las otras razones, la tasa más alta de aplicación de fertilizantes no se reflejó plenamente en mayores rendimientos. En 1975 se aplicaban 10 kilogramos de nitrógeno por cada tonelada de granos producidos; en 1996 la cifra comparable fue de apenas más de 11 kg. La eficiencia del nitrógeno, pues, ha ido a la baja tanto medida en relación con el área cultivada como en relación con la producción de granos.²⁸

En Canadá, el consumo de nitrógeno casi se duplicó entre 1975 y 1996: de 563,000 ton a 1.7 millones de toneladas. En el mismo periodo, el área de terreno cultivable y de plantío permanente tuvo un ligero aumento a 45.7 millones de hectáreas, es decir aproximadamente la cuarta parte de la de EU. La tasa de aplicación aumentó de 12.8 kg por hectárea a 36.6 kg por hectárea.

En términos de producción, en apariencia hay una tendencia en Canadá a pasar de una alta tasa de eficiencia en la aplicación a una aplicación menos eficiente. En 1975 se aplicaron 6 kg de nitrógeno por cada tonelada de cosecha resultante; para 1996 la cifra había aumentado a 13.4 kg. Este cambio también refleja una tendencia a la orientación hacia la producción de granos, que requiere de mayor tasa de fertilización. La producción de granos aumentó 38 por ciento en Estados Unidos durante el periodo del estudio en el caso de Canadá, mientras que aumentó 58 por ciento en Canadá, país en el que la aplicación de nitrógeno pasó de 15.2 kg a 28.6 kg por tonelada de producto.

En México, el consumo de fertilizante nitrogenado aumentó 75 por ciento entre 1975 y 1996, mientras que el área cultivable y de cultivo permanente se incrementó más de 70 por ciento hasta un monto de cerca de la mitad del de Canadá. Con 58 kg por hectárea, la tasa mexicana de aplicación de fertilizante fue mayor que la de Canadá y Estados Unidos en 1975 en relación con el área cosechada. Sin embargo, la tasa de aplicación aumentó muy poco en México para 1998, en que fue de 60 kg por hectárea, es decir algo menos que la tasa de EU en la época. En México, la eficiencia del nitrógeno parece mayor que la lograda en EU, con un comienzo en 10.6 kg de nitrógeno aplicado por tonelada de cosecha producida y con una mejoría a 7.8 kg de nitrógeno por tonelada de producto en 1998.

Es preciso señalar que la tasa promedio de aplicación de nitrógeno en el mundo fue de 83 kg por hectárea en 1996-1997. Para ese estándar, las aplicaciones en Estados Unidos, México y en especial en Canadá son relativamente bajas. No obstante, las tasas de aplicación regional pueden exceder con mucho la cifra promedio, con montos de hasta 100 o incluso 200 kg por hectárea. Como se verá más adelante, dicha aplicación intensiva puede tener implicaciones ambientales en la medida en que puede resultar en la transferencia del nitrógeno más allá del área de cultivo.

28 En contraste, la eficiencia en el uso de fósforo mejoró durante el periodo. Las aplicaciones por tonelada métrica de cultivo total disminuyeron de 5 kg/ton a 4.1 kg/ton (18 por ciento), pero la eficiencia del potasio permaneció relativamente constante en términos de producto. Debe anotarse, sin embargo, que las tasas de aplicación por hectárea de suelo arable y en cultivo permanente (y no por unidad de producto) aumentaron en casi 9 por ciento.

4.2.2 Productos de cultivo

En este estudio, el total de producto de cultivo se refiere a:

- el total de granos,
- alimentos y forrajes (de cosecha como de pastoreo),
- granos no perecedores,
- oleaginosas,
- frutos, nueces y vegetales,
- azúcares y
- otro tipo de cultivos, alimenticios o no.

Canadá tiene una producción agrícola todavía más dominada por el cultivo de granos y productos forrajeros que la de EU. Estos dos renglones sumaron 95 por ciento de toda la producción cosechada. Entre 1975 y 1996 la producción canadiense de granos aumentó 59 por ciento, mientras que la de forrajes creció 14 por ciento.

En el mismo periodo la producción de oleaginosas casi se duplicó y la de vegetales, frutas y nueces aumentó casi 50 por ciento, en ambos casos a partir de una base reducida.

La productividad por unidad de suelo agrícola es mucho menor en Canadá que en EU, debido a condiciones de cultivo menos favorables. La producción total de cultivos aumentó de 2.1 ton por hectárea en 1975, un crecimiento de 29 por ciento en el periodo en estudio.

México tiene su producción agrícola bajo el dominio de los productos forrajeros. Su producto es tres veces más grande por peso que la producción de granos y da cuenta de 58 por ciento de la producción agrícola total.

Los resultados de la producción han tenido un incremento sustancial en la mayor parte de los cultivos agrícolas. La producción de granos aumentó 83 por ciento y la de productos forrajeros 600 por ciento entre 1975 y 1996. El área de cultivo de granos aumentó en apenas 10 por ciento a 9.5 millones de hectáreas, lo que implica que los aumentos en la producción se dieron principalmente por mayores rendimientos. Entre 1980 y 1998, el área bajo cultivo forrajero aumentó todavía más, casi 90 por ciento, hasta llegar a 4.9 millones de hectáreas. La productividad general mejoró de 5.5 ton por hectárea en 1975 a 7.6 ton por hectárea en 1998, un aumento de 38 por ciento.

Es preciso señalar que el café es un cultivo cada vez más importante en México, al igual que en el Caribe y Latinoamérica. Usualmente el café se ha cultivado como parte de una cubierta mixta en la sombra de árboles frutales u otras especies. Este ambiente proporciona un hábitat rico, en particular para las aves migratorias. En años recientes los cafeticultores han optado por convertirse a

plantíos “de sol” más intensivos en los que los cafetales crecen sin sombra. Alrededor de 40 por ciento del café plantado en México es ahora de este tipo de cultivo, lo que ha producido rendimientos e ingreso mayores, pero también más altos impactos ambientales.

Estados Unidos domina la producción agrícola en la región del TLCAN, con 83 por ciento de la producción de granos, 77 por ciento de la producción forrajera, 96 por ciento de las oleaginosas y 72 por ciento de los vegetales, frutas y nueces en 1996.

Los dos principales productos cultivados fueron los granos y los forrajes, con una participación del total cosechado. Los cultivos forrajeros son aún ligeramente mayores en volumen. Sin embargo, al tiempo que la producción de granos aumentó 38 por ciento durante el periodo en estudio, la de cultivos forrajeros disminuyó 18 por ciento, lo que refleja el cambio en los sistemas de producción de la actividad ganadera, de extensivos a intensivos, en los que los animales no pastan sino que son alimentados con productos concentrados.

En el mismo periodo, la producción de granos no perezcos y semillas oleaginosas aumentó alrededor de 60 por ciento y la de vegetales, frutas y nueces lo hizo en 30 por ciento.

La productividad general por unidad de área de cultivo tuvo un crecimiento sustancial de 12 por ciento en el periodo en estudio. La producción total de cultivos aumentó de 5 ton por hectárea de terreno cultivable en 1975 a 5.6 ton por hectárea en 1996.

32

4.2.3 Flujos de salida de la agricultura

Tres de los más importantes flujos de salida de la agricultura son:

- erosión del suelo de los campos cultivados,
- escorrentía de nitrógeno y
- residuos de la cosecha.

Los tres son flujos “ocultos” en el sentido de que no entran en la economía como mercancías agrícolas y por tanto no son visibles en las tradicionales cuentas monetarias.

Erosión del suelo: La erosión del suelo es notoriamente difícil de medir.

El departamento de Agricultura de EU presenta cálculos basados en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. De acuerdo con esta fórmula, las pérdidas de suelo por erosión en EU oscilan entre 2 y 6.8 miles de millones de toneladas anuales.²⁹ No obstante, la cantidad de erosión de suelo disminuyó 38 por ciento entre 1975 y 1976. Esta disminución radical fue resultado de la entrada en vigor del Programa de Conservación y Reserva, que eliminó del cultivo las tierras marginales (con mayor riesgo de erosión).

En México, la erosión del suelo alcanzó 643 millones de ton en 1998, un aumento de 71 por ciento desde 1975. Este aumento posiblemente es resultado del crecimiento en la extensión del terreno cultivable, puesto que las tasas de erosión disminuyeron de 5.5 a 3.9 ton de suelo por tonelada de producción cosechada.

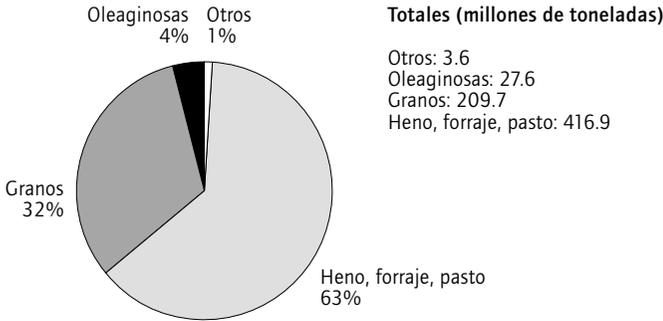
No se obtuvieron datos sobre erosión del suelo en Canadá.

Escorrentía de nitrógeno: La medición de la distribución y el transporte de nitrógeno conlleva considerables incertidumbres, en la medida en que el nitrógeno reactivo en sus diversas formas es altamente móvil, y se transporta con facilidad entre los ecosistemas terrestres y de agua dulce y marina, además de en la atmósfera. Los balances de masa del ciclo de nitrógeno deben complementarse con análisis de datos regionales y de ingreso-producto para diferentes cultivos, condiciones de suelo y prácticas agrícolas.

Aun así, se conoce lo suficiente como para estar seguros de que la contaminación por escorrentías de excesos de fertilizantes nitrogenados en los sistemas acuáticos es un serio y creciente problema en diversas partes del mundo. De hecho, el control humano del ciclo global del nitrógeno es el responsable de contaminación importante y de la disrupción de los procesos biológicos que sostienen —entre otras funciones esenciales— la producción de alimentos. La actividad humana está ahora fijando nitrógeno (creando nitrógeno reactivo del N_2 no reactivo en la atmósfera) a un ritmo al menos similar al de los procesos naturales terrestres. Estados Unidos resulta particularmente afectado, a lo largo de la costa oriental y en el golfo de México.

Residuos de las cosechas: Los residuos de las cosechas son una proporción importante de los cultivos y representan una fuente potencial considerable de nutrientes reciclables si se dejan en los campos. Los residuos también se pueden emplear para producir combustibles de biomasa. Si se les quema, una proporción de los nutrientes se reintegra al suelo en forma de ceniza y otra entra a la atmósfera contribuyendo a la contaminación atmosférica y a la subsecuente acidificación y eutroficación de los ecosistemas luego de su deposición en la tierra o el agua. La proporción exacta de los residuos de cultivos que se dejan en la tierra y se queman es desconocida. Un cálculo razonable podría ser que los flujos hacia la tierra son 5.6 veces más grandes que los flujos hacia el aire. Sin embargo, también es importante tomar en cuenta las políticas cambiantes en la agricultura y las prácticas que han influido en la quema de residuos.

Gráfica 2. Insumos para la alimentación de ganado en EU, 1996



4.3 Flujo de materiales en la actividad agropecuaria

Las principales especies ganaderas son el ganado vacuno, ovejas, cerdos y aves; las cabras y caballos tienen un papel menor en México. Los alimentos de los animales incluyen plantas de cosecha directa (pastos, heno, forraje), granos y alimentos concentrados que incluyen granos, legumbres, oleaginosas, pescado y productos animales desecho de los mataderos. La atención del análisis preliminar se centró en:

- insumos de engorda,
- productos animales resultantes en forma de carnes roja y blanca y
- desechos animales en forma de estiércol y desechos de la matanza.

4.3.1 Insumos de engorda

La gráfica 2 ilustra los insumos de la alimentación del ganado en Estados Unidos en 1996. Las proporciones son similares en Canadá. En México, los granos forrajeros proporcionan una mucho mayor proporción del alimento al ganado, alrededor de 90 por ciento, con los granos y otros cultivos industriales proveyendo casi todo el resto y los subproductos animales menos de medio punto porcentual.

En Canadá y EU la mezcla de alimentos así como los insumos requeridos para su cultivo han tenido un cambio radical como resultado de los cambios de las prácticas extensivas a operaciones intensivas de ganadería con uso de lotes de engorda, así como del cambio de la crianza de reses a la de cerdos y aves (debido a que estos animales convierten de una manera más eficiente las proteínas). Por ello, la cantidad de fibra utilizada para animales (en cosecha o pastoreo)

disminuyó casi 20 por ciento, al tiempo que el consumo animal de granos aumentó 45 por ciento.

Por ello, una alta proporción del total de granos cosechados se usa ahora para alimentar animales. En EU, 53 por ciento de la producción de granos de 1996 fue para animales, proporción que en 1975 fue de 51 por ciento. El panorama es algo diferente cuando se trata del consumo de granos (producción más importaciones, menos exportaciones). El grano para alimentar animales representó 76 por ciento del consumo de EU en 1975, pero sólo 68 por ciento en 1996. La disminución quizá es reflejo del cambio en EU de la producción de carne de res a la de pollo y cerdos. En Canadá, 41 por ciento del grano cosechado se destinó a la alimentación ganadera en 1996, a la baja respecto del 46 por ciento de 1975, quizá por la misma razón que en EU. No se dispuso de datos comparables para México.

Los productos animales, los desechos lácteos y los productos de pescado representan una parte menor pero importante de la alimentación del ganado, ya que proporcionan fuentes baratas de proteína de alta calidad. El uso de subproductos animales y de pescado ha aumentado pero las tendencias han sido más bien erráticas. Por ejemplo, el uso de harina de pescado aumentó y luego disminuyó en México, quizá en parte debido al escaso margen de beneficio de los productores pecuarios, siempre en busca de alimentos de mejor relación costo-beneficio. Canadá resintió una drástica caída en el uso de subproductos animales después de 1987, quizá debido a que la inquietud pública en el ámbito internacional sobre posible contaminación del abasto de carne, así como respecto de si resultaba adecuado alimentar con proteína animal a especies herbívoras, llamó la atención respecto de este aspecto de la producción ganadera.

El uso de harina de pescado para alimentación pecuaria también ha llamado la atención de algunos grupos ambientalistas, conforme la pesca mundial se ve más presionada. Alrededor de la tercera parte de la pesca marina del mundo se procesa para obtener harinas y aceites que se usan para alimentación pecuaria. La harina de pescado se produce de la llamada "pesca de arrastre", especies pelágicas de poco valor comercial relativo, pero con frecuencia parte de la dieta de las comunidades pesqueras artesanales.

4.3.2 Flujos de salida de la producción pecuaria

Al ocuparnos de los flujos de salida de la producción animal nuestra atención se centrará en las tendencias en la producción de carnes roja y blanca, ya que en ello se marcan las diferencias entre los países socios del TLCAN y las importantes consecuencias ambientales que estas diferencias tienen, junto con otros factores.

En Canadá y Estados Unidos, quizá por las preocupaciones relacionadas con el colesterol, la producción de carne roja aumentó sólo 1.5 y 9.8 por ciento,

respectivamente, durante el periodo de estudio. En contraste, la producción de carne roja en México aumentó 69 por ciento. En términos per cápita, sin embargo, la producción de carne roja en México sigue siendo de sólo 26 kg por persona, comparados con los 60 kg por persona de Canadá y los 71 kg por persona en EU. En los tres países, la tendencia general parecería ser hacia la carne blanca con un aumento radical en la producción avícola a partir de 1975: de 114 por ciento en Canadá, 480 por ciento en México y casi 200 por ciento en EU.³⁰

La tendencia hacia el consumo de carne blanca ha coincidido con la reorientación hacia las operaciones ganaderas intensivas. Como resultado, se cría menos ganado vacuno y en espacios más concentrados. De la misma manera, se crían muchos más pollos en menos gallineros y de mucho mayor tamaño. Las operaciones porcícolas se realizan también crecientemente en instalaciones de engorda que se han vuelto tan eficientes que se trata de obtener una cantidad constante de carne con menor cantidad de animales. Por ejemplo, un incremento de 38 por ciento en el número de cerdos produjo un aumento de 48 por ciento en la cantidad de carne de cerdo en el periodo estudiado.

Estas tendencias tienen implicaciones tanto respecto de las cantidades como de las concentraciones de los desechos de los animales, como se verá más adelante.

36

4.3.3 Desechos animales

En el análisis preliminar efectuado por la CCA la atención respecto de los desechos animales se centró en el estiércol y los desechos de la producción de lácteos y los rastros.

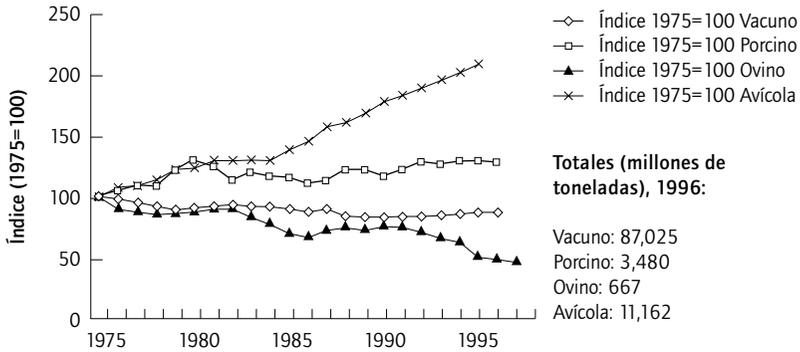
Estiércol: No es de sorprender que se hayan detectado diferencias en el sector pecuario entre México, por un lado, y Estados Unidos y Canadá, por otro, como se ve en las cifras de desechos.

Debido a que la actividad pecuaria mexicana es relativamente menor en comparación con las de EU y Canadá, el subsector genera mucho menos estiércol que el de los dos países nortños, aunque la cantidad está creciendo. En términos absolutos, la generación de estiércol en México aumentó un relativamente modesto 18 por ciento entre 1975 y 1996 para alcanzar 195,000 toneladas.

En comparación, en EU se generaron casi 88 millones de ton (peso seco) y en Canadá la cantidad fue apenas menor de 17 millones de ton. Las cantidades totales de estiércol han disminuido también ligeramente conforme las poblaciones ganaderas cambian de vacas y ovejas, de mayor tamaño, a cerdos y aves, más pequeños.

30 Con datos más desagregados sobre insumos de alimentos a diferentes subsectores de la industria pecuaria, sería posible calcular la eficiencia de la conversión de alimento, de ton de cultivo a ton de carne, según los diferentes animales. Este cálculo, utilizando el peso de la carne y no el del animal en pie, daría un cálculo más preciso de la conversión del alimento que la que algunas veces se utiliza.

Gráfica 3. Generación de estiércol en Estados Unidos, 1975-1996



La gráfica 3 muestra el efecto de este cambio en las tendencias en la generación de estiércol de los cuatro grupos de animales entre 1975 y 1996, con disminuciones en los desechos de ganado vacuno y bovino y aumentos en los de aves y cerdos. El relativamente estable panorama de la porcicultura refleja el hecho de que la producción en esta actividad se ha vuelto tan eficiente que se requieren menos animales para producir una cantidad constante de carne. Como se indicó previamente, este cambio se acompañó con el abandono de las prácticas pecuarias extensivas (en las que los animales se movían con libertad) a operaciones intensivas (en que se mantiene a los animales en establos o pequeños locales de engorda). La principal preocupación ambiental es que el estiércol producido en los centros de engorda altamente concentrados rara vez puede enviarse al campo como fertilizante orgánico de forma costeable. Como consecuencia, una fuente rica de nutrientes para el suelo debe recibir trato de producto de desecho.

Desechos de la matanza de animales y del procesamiento de productos lácteos. Además del estiércol, los desechos animales incluyen:

- desechos de la matanza de animales, por ejemplo huesos, sangre y tejido inutilizables;
- desechos del procesamiento de productos lácteos, principalmente agua y material residual de la producción de mantequilla y quesos.

Debido a que no se obtuvieron datos comparables para México, la atención en este caso se centrará en los desechos de la matanza y el procesamiento de lácteos en Canadá y EU.

El cuadro 2 ilustra los desechos de la matanza y del procesamiento de lácteos para los principales productos ganaderos en EU y Canadá. Como era previsible, los desechos animales han aumentado aproximadamente en proporción con el número de animales.

Debido a que la proporción que se reutiliza como alimento es menor, los desechos animales representan un problema sustancial de disposición de desechos, con implicaciones para la salud de los animales y los seres humanos. Los desechos agropecuarios suelen tener reglamentaciones menos estrictas que los industriales, aunque cada vez se argumenta más respecto de que las unidades de operaciones ganaderas de gran escala son comparables con las instalaciones de producción industrial y deberían reglamentarse como tales.

Cuadro 2. Desechos de los rastros y del procesamiento de lácteos, 1996

(Miles de toneladas)	Estados Unidos	Canadá
Desechos de la matanza ganadera	7,347	1,303
proporción de la producción	39	73
Desechos de rastros avícolas	4,592	216
proporción de la producción	33	24
Desechos del proceso de lácteos	35,613	5,952
proporción de la producción	114	92
Desecho total	47,552	7,471
% de la producción total	74	81

38

4.4 Tendencias en el comercio agropecuario y efectos ambientales

Desde la perspectiva del AFM, el comercio de mercancías y productos agropecuarios entre países puede caracterizarse como un flujo internacional de materiales. Dichos flujos pueden tener implicaciones ambientales profundas para los tres países del TLCAN.

4.4.1 Tendencias comerciales

Antes de analizar los impactos de las tendencias actuales en el comercio agropecuario, es importante recordar que el sector no contribuye con una alta proporción del PIB en ninguno de los países del TLCAN, incluso en el caso de Estados Unidos, cuyo sector agropecuario empequeñece el de las otras dos naciones. La actividad agropecuaria contribuye con 2 por ciento del PIB de Canadá, 3 por ciento en EU y 5.2 por ciento en México.³¹ La mayor parte de la considerable producción de EU es para consumo interno, aunque los productos y mercancías agropecuarias constituyen una proporción significativa de la exportación de mercancías, 9.5 por ciento, para ser exactos. El dato comparable para Canadá es más grande: 13.7 por ciento.³²

31 EIU 2000, 1998a, 1998c.

32 WTO, 2000.

Debido a que EU es el más grande productor agropecuario, no resulta sorprendente que el país exporte una proporción de sus mercancías y productos del sector a naciones fuera del hemisferio, en cantidad mayor que a sus socios del TLCAN. Una parte sustancial de sus importaciones agropecuarias, por el contrario, proviene de Canadá y México, naciones que, como resulta previsible, realizan al interior del TLCAN la mayor parte de sus exportaciones e importaciones agropecuarias.

Según analistas de la industria, el TLCAN ha estimulado el comercio agropecuario al interior de la región con beneficios económicos macro para los tres países. Los datos ciertamente así lo confirman. Después de 1993, las exportaciones de EU a México aumentaron en un promedio de más de 11 por ciento anual, hasta alcanzar \$EU6.2 miles de millones en 1998. Las importaciones desde México crecieron a alrededor de 12 por ciento anual a partir de 1993 y llegaron a 4.7 miles de millones en 1998. Las exportaciones estadounidenses a Canadá crecieron más de 5 por ciento anual y llegaron a 7 mil millones de dólares en 1998. Las importaciones desde Canadá crecieron casi 11 por ciento anual y llegaron a un valor de 7.8 mil millones en 1998.

Los volúmenes de producción y exportaciones han aumentado como resultado en toda la región del TLCAN en la mayor parte de las categorías de las mercancías y productos agropecuarios. Por ejemplo, desde 1975 las exportaciones avícolas mundiales de EU se multiplicaron por más de 12, mientras que las exportaciones canadienses se han más que duplicado, al tiempo que las exportaciones mexicanas han crecido en más de 70 veces, aunque a partir de una base muy pequeña. Si bien las políticas de importaciones han limitado las exportaciones avícolas de EU a Canadá, las exportaciones con destino a México tuvieron un gran auge y no resultaron muy afectadas por la devaluación del peso en 1995. Las exportaciones estadounidenses de carne de cerdo a los dos países también crecieron con rapidez con el TLCAN.

Este crecimiento en el comercio ha conducido a una especialización limitada entre los socios en algunas categorías de las mercancías y productos agropecuarios. Por ello, las exportaciones de EU a Canadá de productos con alto valor agregado de bienes procesados, en particular de botanas alimenticias, han crecido con gran rapidez. Las exportaciones de EU a México, en contraste, son principalmente de productos a granel. Las exportaciones mexicanas a EU han visto un impresionante crecimiento continuo en el sector de alto valor de horticultura y en productos con algún valor agregado. El café es otra categoría en crecimiento en las exportaciones mexicanas tanto a Canadá como a Estados Unidos.

El crecimiento en el comercio y los retos de competencia resultantes han estimulado cambios al interior de la industria. Los métodos intensivos de crianza de aves, cerdos y ganado tienen mayor eficiencia, menores costos y estimulan la consolidación al interior de la industria. Como se indicó antes, en la producción

agrícola, mientras los rendimientos por unidad de suelo han aumentado, también ha crecido la dependencia respecto de los insumos de sustancias químicas en forma de fertilizantes inorgánicos. La producción de café está cambiando de un sistema mixto de sombra a plantaciones “de sol”, cambio con importantes implicaciones ambientales.

4.4.2 Implicaciones ambientales

Aunque ha habido mejorías en eficiencia en el sector agropecuario, éstas no han sido suficientes para disminuir las presiones sobre el medio ambiente debido al incremento en la producción en respuesta a la mayor demanda. La presión se deriva tanto de la actividad agrícola como de la pecuaria.

En los cultivos agrícolas la producción de mercancías a granel, principalmente granos, leguminosas y oleaginosas, puede asociarse con impactos ambientales como la erosión del suelo y la conversión de hábitat. La producción de diversas frutas y vegetales se asocia con intenso insumo de sustancias químicas. De hecho, como se indicó antes, los incrementos en los rendimientos parecen asociados en general con una mayor tasa de aplicación de fertilizantes de nitrógeno por unidad de suelo. El nitrógeno puede transportarse con facilidad fuera de las áreas de cultivo y es crecientemente reconocido como una causa de problemas ambientales. En el caso del café, el aumento de la demanda ha generado un cambio de las cosechas logradas en una cubierta mixta de sombra a plantaciones “de sol”. Estudios en Colombia y México han mostrado que las plantaciones de café de sol dan soporte a 90 por ciento menos especies de aves que las que apoyan las plantaciones de sombra.³³

En la actividad pecuaria, la producción de carne en respuesta a la creciente demanda está cada vez más asociada con la contaminación local en torno a un número creciente de operaciones intensivas con mayores concentraciones de animales en donde se genera una mayor cantidad de estiércol que la que puede ser absorbida por la tierra. En EU, la producción avícola generó en 1996 más de 8 millones de ton de estiércol, fuente altamente concentrada de nutrientes que puede ser muy contaminante si se drena hacia los suelos, los depósitos de agua dulce y los ecosistemas marinos. La bahía Chesapeake y la península Delmarva en la costa oriental de EU son lugares ahora famosos por la grave eutrofización causada por la concentración de la industria avícola estadounidense en la zona. La producción a escala industrial de aves en Canadá y México generará problemas similares si no se cuenta con las reglamentaciones adecuadas o códigos de conducta efectivos por parte de la industria. Podrían asimismo aparecer dificultades similares en torno a la crianza intensiva de cerdos, que generaron 3.5 millones de ton de estiércol en EU en 1996.

4.5 Resumen

Aunque representa una fracción menor del PIB de Canadá, Estados Unidos y México, el sector agropecuario en la región del TLCAN está creciendo a una tasa impresionante tanto en términos de volumen como de valor. Se trata, asimismo, de un sector de uso intensivo del suelo y los recursos naturales que, junto con el forestal, domina en el uso del suelo y en la cantidad de hábitat disponible para la vida silvestre.

Muchos analistas también consideran que la agricultura, en contraste con la silvicultura, es el más contaminante de todos los sectores económicos. El sector genera problemas particulares debido a que la producción ha sido tradicionalmente una fuente no puntual de contaminación, por lo que resulta difícil de monitorear y reglamentar. A pesar de la consolidación e industrialización del sector, la actividad sigue siendo controlada de un modo superficial.

El grado de estos retos ambientales varía mucho entre los tres países del TLC y a su interior. Aunque las operaciones intensivas de gran escala están aumentando en los tres países, los problemas ambientales que pueden generar tendrán enormes variaciones dependiendo del tamaño de la operación, el terreno, las características hidrológicas, el cultivo o actividad ganadera en cuestión, las áreas bajo cultivo, el grado de especialización del cultivo, la concentración ganadera y otra serie de variables. Por ello, la evaluación ambiental y las políticas en los tres países deberán orientarse de manera más específica a las áreas o asuntos del sector en que es más factible que surjan impactos ambientales adversos o que éstos son ya evidentes.

Dichas políticas deberán también tomar en cuenta el hecho de que la eficiencia productiva del sector ha tenido también incrementos radicales en los pasados 25 años, con menores necesidades de insumos para generar cantidades constantes de producto en muchos tipos de cultivos y productos ganaderos. Es innegable, asimismo, que el aumento constante en la demanda de productos agropecuarios ha significado un crecimiento constante en términos absolutos de esos insumos materiales. De modo similar, con aumentos constantes en la cantidad de productos intermedios y finales, también ha ido en aumento la cantidad de desechos y subproductos indeseados. En resumen, los impactos ambientales del aumento en la escala de la producción del sector agropecuario han sobrepasado los beneficios ambientales que podrían haberse derivado de las mejoras en la eficiencia de la producción. Por ello, se está convirtiendo en un asunto de prioridad acelerar el desarrollo y la difusión de tecnologías eficientes para contener o disminuir los efectos ambientales del sector agropecuario.

Este patrón es el típico del rendimiento de los materiales en las economías industriales en su conjunto. Las mejoras en la eficiencia derivadas de avances en la tecnología, la productividad laboral y la reestructuración económica para

alejarse de las industrias intensivas en energía y materiales es anulada en parte por el ritmo del crecimiento económico. Un análisis reciente de la economía de EU reveló que, mientras la economía creció alrededor de 74 por ciento entre 1975 y 1996, la generación de desechos lo hizo sólo en 30 por ciento. Esta situación representa un impresionante grado de “desacoplamiento”, pero que aun así no es suficiente para lograr ninguna disminución absoluta en los volúmenes de desechos. Para este estudio, nuestra documentación de los ciclos de materiales no fue completa y, por tanto, no fue posible generar un indicador macro capaz de mostrar el total de flujo de materiales ya fuera en el sector agropecuario o en el forestal, así como su relación respecto del desempeño económico sectorial. El análisis de flujos de categorías individuales —por ejemplo, del subsector avícola— indica que están presentes las mismas tendencias.

5 La huella ecológica

En parte debido a la complejidad de enfoques como el del análisis de flujo de materiales, se creó el concepto de huella ecológica³⁴ para transmitir, en términos biofísicos cuantitativos y tangibles, accesibles a todos, el total de requerimientos de recursos de los grupos de seres humanos: individuos, comunidades, ciudades, países, regiones e incluso la población mundial. Este tipo de análisis, en su forma integral obvia, difiere considerablemente del de flujo de materiales, que se centra en un número limitado de materiales, la mayor parte de las veces de un sector económico en particular.

En este capítulo analizaremos el concepto de la huella ecológica, sus fortalezas y debilidades y trataremos de aplicarlo en los tres países del TLCAN.

5.1 El concepto, sus fortalezas y debilidades

La noción de huella ecológica ha sido descrita como una herramienta de contabilidad que “agrega los impactos humanos en la biosfera en un número: el espacio bioproductivo ocupado en exclusiva por una actividad humana determinada”.³⁵ Más específico: supone el cálculo de lo que una población consume de alimentos, materiales y energía en términos del área de tierra o mar biológicamente productivos necesarios para la producción de dichos recursos naturales (o, en el caso de la energía, para absorber las correspondientes emisiones de dióxido de carbono). La unidad de medida generalmente utilizada es una hectárea de tierra (o mar)

34 Para una discusión más detallada del concepto de huella ecológica y su aplicación en América del Norte, véase el Documento de discusión 4 (CCA, 2000c).

35 Wackernagel, 1999.

con productividad promedio en términos globales. Es decir que la tierra biológicamente productiva funciona como representación del capital natural y los muchos flujos de recursos y servicios proporcionados por la naturaleza.³⁶

Como indicador del medio ambiente y los recursos naturales, el método de la huella ecológica tiene la ventaja de sintetizar todos los posibles factores en un solo número. El cálculo de la huella ecológica, sin embargo, puede ser todo un reto. Incluye la comparación, para el grupo objeto del estudio, de los cálculos de:

- la cantidad de tierra de productividad promedio global requerida para satisfacer la demanda de ese grupo de combustibles fósiles, terreno cultivable, pastizales, bosques y mar, con
- su abasto real de dicha tierra.

Por tanto, el combustible fósil debe convertirse en la tierra requerida para absorber las emisiones de CO₂, y así sucesivamente.

El cálculo de la capacidad per cápita del planeta para acomodar a la población mundial supone dividir toda la tierra biológicamente productiva y el espacio marino entre el número de gente. De las resultantes 2.1 hectáreas (ha) necesarias para las necesidades de cada individuo 1.6 hectáreas son de base terrestre natural y ecosistemas manejados y 0.5 hectáreas son de océanos ecológicamente productivos. Si 12 por ciento del espacio biológicamente productivo del planeta se dejara de lado como áreas protegidas para preservar las especies silvestres, el espacio disponible para cada individuo disminuye a 1.8 hectáreas, cifra que incluye, es necesario enfatizarlo, las áreas silvestres que no deberían ser usadas para actividades humanas sino para la absorción de CO₂ y objetivos similares.

Este cálculo global se ha vuelto un tipo de punto de referencia ecológico para la comparación de las huellas ecológicas de los pueblos o naciones. Una región tiene un déficit ecológico si su huella excede su capacidad real territorial. El "déficit ecológico global" de una región se refiere a "la brecha entre el consumo promedio de una persona que habita en esa región (medido como huella) y la biocapacidad disponible por persona en el mundo."³⁷

El estudio de las huellas ecológicas calculadas para 52 naciones mostró que la mayoría de los países importa capacidad ecológica de alguna otra región y que la huella ecológica de la humanidad es en la actualidad más grande que el espacio biológicamente productivo del planeta. Esta situación de "sobregiro" con respecto a la capacidad global es posible debido a que la capacidad de la naturaleza de ofrecer servicios como la absorción de desechos se puede exceder por un cierto periodo y los recursos pueden ser explotados más rápido que lo que se regeneran por un cierto tiempo antes de que se agoten. De la misma manera, los avances tecnológicos, las fuentes más baratas de energía o el fácil acceso a recursos

36 Wackernagel, 1999.

37 Wackernagel, 1999.

distantes pueden enmascarar las restricciones impuestas por la escasez creciente de recursos.

La huella ecológica es de utilidad en la medida en que ofrece un indicador representante de los recursos. Además, puede permitir a los encargados de la toma de decisiones examinar con facilidad los impactos de sus acciones al destacar el uso de recursos, la absorción de CO₂ y otros componentes de este enfoque.

No obstante, las limitaciones de este enfoque son claras. En algunas ocasiones se expresan dudas respecto de la pertinencia de transformar la energía en uso del suelo y se indica que de esa manera se castiga a las economías intensivas en energía e industrializadas debido al área forestal necesaria para secuestrar el CO₂ generado por el uso de energía. Es asimismo poco claro si la huella ecológica de un país se debe comparar con su propia capacidad o con la capacidad global.

Otros críticos aseguran que debido a que el método implica tan alto grado de desagregación es necesario, aunque quizá no posible del todo en esta etapa de nuestros conocimientos, guardar mucha cautela respecto de qué indicadores se están mezclando, por qué dichas mezclas son adecuadas y cómo se comparan diferentes indicadores, cómo se sopesan y promedian. Indican que con este método cada categoría de consumo debe ser agregada, pero en la medida en que es escasa la información respecto del consumo indirecto (por ejemplo, la energía contenida en los bienes), el enfoque es propenso al error. El nivel de agregación es tan alto, de hecho, que muchos expertos albergan dudas respecto de que el enfoque sea adecuado para orientar las políticas nacionales.³⁸ En el mismo sentido, muchos economistas dudan de que el enfoque nos diga gran cosa de utilidad respecto de las capacidades de carga, los supuestos sobre tasas de innovación tecnológica o los avances hacia los objetivos de sustentabilidad futura.

Por otro lado, incluso sus defensores admiten que aunque cálculos con base en componentes, pueden ayudar a medir mejor el impacto de diferentes estilos de vida, organizaciones, regiones subnacionales, productos y servicios, el método es aún imperfecto debido a que:

- supone combinar datos de fuentes que rara vez coinciden,
- los datos son escasos a escala de subregión y
- el método depende de las variaciones subyacentes de los datos.³⁹

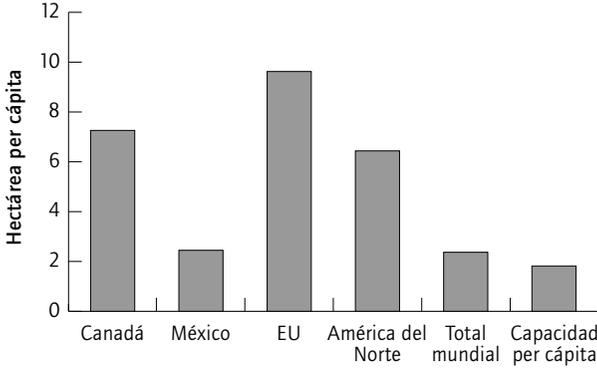
5.2 La huella ecológica de la región del TLCAN, una mirada somera

Debido a las múltiples limitaciones del enfoque, el Grupo sobre Tendencias Críticas e Incipientes de la CCA emprendió sólo un análisis somero de la huella ecológica de los tres países del TLCAN.

³⁸ Ayres, 2000.

³⁹ Simmons et al., 2000.

Gráfica 4. Comparación de la huella ecológica per cápita (datos de 1995)

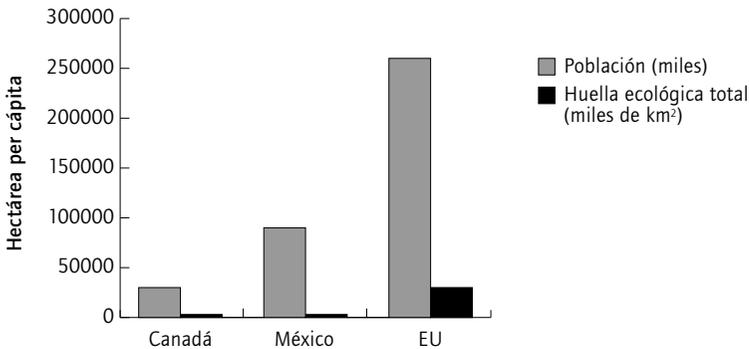


Como lo muestra la gráfica 4,⁴⁰ los cálculos de la huella ecológica de América del Norte ilustran el grado en el que los países desarrollados tienen un impacto en el medio ambiente mundial. Con los niveles de consumo de 1995, la huella ecológica del ciudadano estadounidense promedio se calculó en 9.6 ha, la del canadiense en 7.2 ha y la del mexicano promedio en 2.5 hectáreas.⁴¹

46

La huella promedio de América del Norte es de 6.4 ha, comparada con un promedio mundial de 2.4 ha. Lo que es más serio desde esta perspectiva es que la actual capacidad disponible para los seres humanos en términos per cápita es de 1.8 ha, es decir que el promedio de huella de la población de América del Norte excede 4.6 ha la capacidad per cápita del planeta.

Gráfica 5. Total de huellas ecológicas nacionales en América del Norte (datos de 1995)



40 Redefining Progress, 1999.
41 Redefining Progress, 1999.

Como lo muestra la gráfica 5,⁴² las cifras son igual de graves cuando se calculan las huellas ecológicas de los países, por oposición a la de sus ciudadanos. Estados Unidos tiene una huella nacional de 25.5 millones de km², pero una capacidad total de 14.7 millones de km². En términos per cápita, ello significa que el país tiene un déficit de 4.1 ha. El déficit per cápita de México es mucho menor: 1.3 ha. Por sí solo, Canadá tiene todavía 5.1 ha de capacidad disponible por persona. Ello significa que Estados Unidos y México son importadores netos de capacidad ecológica. En la clasificación de los 52 países para los que se han efectuado los cálculos, Estados Unidos, Canadá y México ocupan los lugares primero, tercero y trigésimo séptimo en cuanto a tamaño de su huella ecológica, respectivamente.

5.3 Resumen

Aunque el método de la huella ecológica resulta provocador y en ocasiones útil como forma de explorar ciertas formas limitadas de impacto ambiental, el Grupo sobre Tendencias decidió dejarlo fuera del paquete de herramientas a utilizar, debido a que tiene muchos aspectos deficientes como para servir de orientación para las políticas nacionales e internacionales que se ocupan del medio ambiente.

6 Técnicas para la exploración de futuros ambientales

Aunque el análisis y la comunicación de las tendencias ambientales pasadas y presentes, por medio de técnicas como el análisis de flujo de materiales o la huella ecológica, pueden ser un insumo importante para la política ambiental, no bastan para ofrecer una sólida y convincente base de información que justifique acción preventiva antes de que los problemas ambientales se vuelvan graves y persistentes. Con el fin de emprender dicha acción primero es necesario tener un claro entendimiento de cuáles pueden ser las condiciones ambientales en el futuro.

Los investigadores han generado docenas, literalmente, de métodos para atisbar a nuestro futuro ambiental, desde aquellos que asumen la continuación de las tendencias presentes hacia el futuro hasta los que permiten unas construcciones más imaginativas e inopinadas del futuro. El prestigiado Battelle Seattle Research Center ha agrupado estos métodos en seis categorías útiles que nosotros adaptaremos para nuestros fines.⁴³ Las categorías, agrupadas en pares, son:

- exploración ambiental, monitoreo y extrapolación,
- estudio de opiniones y elaboración de escenarios y
- modelación y análisis morfológico.

En este capítulo se presentarán de manera breve cada una de sus características. Es importante considerar que ninguna de estas categorías es inflexible y que la mayoría de personas involucradas en pronosticar las condiciones ambientales

43 Skumanich y Silbernagel, 1997.

futuras utilizan diferentes combinaciones de métodos de varias de estas categorías. De hecho, debido a que por definición no es posible conocer el futuro, es clara la necesidad de pragmatismo y eclecticismo en los enfoques. Lo adecuado de una técnica dependerá de la naturaleza de los datos, el problema ambiental en cuestión y, algunas veces, el grado de urgencia

6.1 Exploración ambiental y monitoreo y extrapolación de tendencias

La mayor parte de los estudios de perspectiva ambiental y de informes del estado del medio ambiente publicados por dependencias gubernamentales y otras instituciones descansan en buena medida en el análisis y la extrapolación de tendencias identificadas mediante el examen de los datos recopilados por medio de la exploración y el monitoreo ambientales. El tipo de análisis de flujo de materiales descrito en los capítulos 2, 3 y 4 es una técnica relativamente nueva para el análisis de las tendencias pasadas y presentes que pueden afectar el medio ambiente y no hay razón por la cual la extrapolación de tendencias en flujos de materiales no se pueda combinar con otros tipos de trabajos sobre futuros para ofrecer una perspectiva respecto de las posibles condiciones ambientales futuras.

50 Exploración ambiental y monitoreo. Son en esencia actividades de recopilación que proporcionan la mayor parte de los datos empíricos necesarios para entender el medio ambiente y sentar las bases para la identificación y el análisis de las tendencias ambientales. Los datos pueden ser recopilados por diferentes métodos, desde complejos equipos de detección hasta observadores de aves voluntarios con un poco de entrenamiento en observación, identificación y registro. Los datos de esta manera recolectados y analizados de múltiples maneras pueden proporcionar una base empírica fundamental para otros tipos de trabajo de futuros.

Extrapolación de tendencias. Supone la prolongación del pasado hacia el futuro. No hay razón, por ejemplo, por la que las tendencias en los flujos de materiales no se puedan extrapolar hacia el futuro. No obstante, como se anotó en el capítulo 1, la extrapolación está basada en parte en la no del todo incuestionable hipótesis de que las tendencias históricas continuarán hacia el futuro. Esta metodología se usa con frecuencia en la elaboración de perfiles ambientales e informes del estado del medio ambiente. Los informes del estado del medio ambiente presentan una imagen completa de una unidad seleccionada de referencia (a escalas subnacional, nacional, regional o mundial) en un momento específico, mientras que los perfiles ambientales presentan un análisis de las tendencias existentes y un pronóstico con base en ellas.

6.2 Estudios de opinión y elaboración de escenarios

Tanto los sondeos de la opinión de los especialistas como la elaboración de escenarios pueden incluir consultas más allá de los círculos de los grupos gubernamentales de elaboradores de políticas ambientales para involucrar a diversos expertos, miembros de organizaciones no gubernamentales, el sector privado y los ciudadanos interesados.

Los estudios de opinión pueden tomar muchas formas. En un extremo están los varios tipos de sondeos de opinión pública. La CCA, por ejemplo, colocó en su página de Internet una encuesta entre septiembre y octubre de 2000 y recibió 475 respuestas. Alrededor de dos tercios de quienes contestaron consideraron que el estado del medio ambiente empeoraría en los próximos 20 años. De manera curiosa, sin embargo, 81 por ciento también expresaron su opinión de que en el mismo periodo aumentaría el compromiso público con la protección ambiental.

De manera alternativa, la atención se puede poner en la opinión experta y su bosquejo puede involucrar consultas con científicos ambientales, futuristas y otros expertos con la capacidad de hacer saltos imaginativos y vislumbrar nuevos cursos y posibles transformaciones en las tendencias presentes. Un ejemplo de dicho esfuerzo es el Proyecto Milenio de la Universidad de la ONU que llevó a cabo un estudio de factibilidad en el que participaron 200 “futuristas y expertos” de 50 países. La clasificación de los temas de preocupación mundial que surgió de la consulta de futuristas y académicos se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Proyecto Milenio, Universidad de la ONU

Posición	Asunto
1	Alto crecimiento demográfico
2	Crecente escasez de agua potable, quizá agravada por el calentamiento global
3	Guerra nuclear regional
4	Brecha cada vez más grande entre ricos y pobres, al interior de los países y entre ellos
5	Crecente escasez de alimentos y reducción en la producción total de alimentos
6	Globalización, brecha en liderazgo, capacidad de gobierno, instituciones y pensamiento global
7	Degradación del medio ambiente, en particular pérdida de biodiversidad
8	Resistencia creciente de las bacterias a los antibióticos
9	Terrorismo nuclear
10	Crecente demanda de energía

Para la clasificación de estos temas, muchos de los participantes del proyecto se apoyaron en la elaboración de escenarios,⁴⁴ el más común de los enfoques actuales en los trabajos sobre futuros ambientales.

La disciplina de elaboración de escenarios cualitativos está en las mejores condiciones para prepararnos para los eventos sorpresivos que con frecuencia moldean nuestro futuro y que no pueden ser capturados con los pronósticos más cuantitativos. El enfoque supone la elaboración de diferentes escenarios para explorar un rango de posibles resultados futuros. Por ejemplo, se pueden

44 Para mayores detalles, véase el Documento de discusión 2 (CCA, 1999c).

desarrollar escenarios para mostrar que tipo de problemas ambientales futuros pueden presentarse, con supuestos diferentes de tasas de cambio en los impulsores de cambio o en las presiones subyacentes, por ejemplo el uso de la energía, crecimiento demográfico o la demanda de recursos naturales. Los escenarios resultantes, basados en diferentes combinaciones de cambios en los impulsores, pueden ser un escenario sin cambio, uno con el peor de los casos y otro con el mejor de los casos. Los acontecimientos del 11 de septiembre de 2001, por ejemplo, sólo se habrían podido anticipar en un escenario del peor de los casos.

En la elaboración de escenarios, en particular en sus primeras etapas, el proceso de pensamiento es parte igual de importante que el trabajo de recopilación de datos. Por lo general el énfasis se pone en el pensamiento fuera de los moldes o en producir un salto imaginativo. No es necesario establecer un claro orden de causalidad, requisito básico en el caso de las perspectivas ambientales o los informes sobre el estado del medio ambiente. Dicho enfoque no es del todo carente de razón en la medida en que el futuro no es de fácil lectura: nuestro mundo es demasiado complejo, las fuerzas subterráneas del cambio demasiado fragmentadas y las preferencias del público demasiado irracionales como para que un modelo o método de lógica estricta pueda abrirnos una ventana transparente y sin distorsión del futuro.

52

Es importante destacar que, aunque los saltos imaginativos pueden ser muy importantes en la elaboración de escenarios, con frecuencia resulta necesario mantener una conexión con el conocimiento científico y con enfoques más cuantitativos que pueden resultar de utilidad para atenuar la especulación y hacerla más realista y para revelar patrones menos obvios y otras relaciones entre variables y patrones. El capítulo 8 examina el éxito de dicho enfoque en el caso de los esfuerzos para prever y generar acción internacional en torno del agotamiento de la capa de ozono.

6.3 Modelado y análisis morfológico⁴⁵

La elaboración de escenarios con frecuencia se complementa con el modelado o el análisis morfológico, este último definido como el modelado sin una dependencia definitiva en los insumos cuantitativos. Ambos dependen más de los modelos computarizados que otras herramientas técnicas o analíticas. Los dos también pueden resultar indispensables para dar coherencia interna a los datos que alimentan de los escenarios y de ellos surgen.

No es raro que los modelos se utilicen también con frecuencia para analizar las interacciones entre economía y medio ambiente y la forma en que éstas pueden afectar el futuro. Al respecto, existen dos escuelas de pensamiento. La primera considera que, debido a la relación no lineal entre el cambio económico y el ambiental, dicha relación tiende a inclinarse más hacia lo cualitativo más que a

45 Para una discusión más detallada de los asuntos planteados en esta sección, véase el Documento de discusión 1 (CCA 1999b) y el Documento de discusión 4 (CCA 2000b).

lo cuantitativo. La segunda sostiene que son posibles tanto el análisis cuantitativo como los pronósticos, utilizando varios supuestos económicos. Los modelos formales pueden entonces aplicarse para probar la coherencia interna de los escenarios utilizados.

Hay muchos tipos de modelos que tienen como característica común la utilización formal y con frecuencia lógica matemática de vincular las variables y relaciones que se proponen describir. Los dos analizados aquí serán los modelos económicos muy familiares para los economistas y modelos bioeconómicos que utilizan tanto modelos económicos como científicos para describir algunos de los aspectos del medio ambiente.⁴⁶ Como lo ha demostrado la experiencia de los grupos de trabajo I y II del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, dichos modelos pueden resultar en predicciones cuantitativas bien enfocadas respecto de diferentes supuestos tecnológicos, lo que puede conducir a un debate igualmente bien centrado.⁴⁷

Los modelos económicos con frecuencia se utilizan para probar la coherencia interna de escenarios por sector o para la economía en su conjunto elaborados para pronosticar cuáles serán los impactos ambientales derivados de diversas combinaciones de impulsores económicos. Dichos modelos pueden ser herramientas útiles para aislar y desarrollar análisis cuantitativos de los vínculos de consideración demasiado compleja. De esa forma, los modelos pueden ayudar a destacar patrones y trayectorias en relaciones intrincadas, por ejemplo la respuesta de los consumidores ante cambios en las políticas ambientales que alteren los precios relativos de, digamos, las fuentes de energía renovables y no renovables. En dicho contexto, los modelos pueden hacer posible un cálculo de las variaciones en que las fuentes de energía renovables y no renovables y otros productos resultan sustituibles entre sí para los consumidores. Los modelos pueden facilitar los cálculos de los impactos de factores secundarios, por ejemplo la relación entre los cambios en los precios relativos inducidos por las políticas regulatorias y la innovación tecnológica endógena, o los efectos de los cambios de precios en los insumos intermedios.⁴⁸ Por último, los modelos pueden ayudar a separar y desmadejar partes diferentes de un problema y, posiblemente, proporcionar una respuesta cuantitativa a algunas preguntas.⁴⁹

46 El agrónomo australiano Oscar J. Cacho señala que "un modelo bioeconómico consiste de un modelo biológico (o biofísico) que describe el comportamiento de un sistema vivo, y un modelo económico relaciona el sistema biológico con los precios del mercado y las restricciones de recursos e institucionales."

47 IPCC 2001.

48 Por regla general, el costo de las regulaciones para disminuir la contaminación es alto en aquellas industrias con menos opciones para sustitución de insumos y menores para las industrias con más opciones de sustitución. Pero esta regla no significa que sea fácil hablar con precisión respecto de qué tan grande es la diferencia entre diferentes sectores, cuál será la respuesta probable de los diferentes sectores y cuál es el diseño óptimo de política para asegurar la mejor respuesta posible. Dado que la elaboración de políticas no se da en un ambiente políticamente neutral, Powell y Snape (1992), al ocuparse de los modelos de base ORANI, sugirieron cuatro principios amplios para orientar los trabajos de la comunidad que se ocupa de los modelos económicos:

- los modelos no deben correrse por completo dentro de la universidad o por completo al interior de las dependencias políticas que los hayan pagado;
- los modelos deben estar acompañados por una documentación pública completa sobre los datos, métodos y resultados;
- los encargados de la elaboración del modelo deben buscar la participación de la clientela política en la etapa de diseño del modelo;
- la elaboración del modelo debe quedar a la menor distancia posible del gobierno ejecutor.

49 Véase un excelente ejemplo de un modelo CGE aplicado al cálculo de los costos ambientales de las regulaciones ambientales en Jorgenson y Wilcoxon, 1998.

Aunque ahora se cuenta con datos específicos sobre los niveles promedio de emisiones, niveles de insumo de recursos y otros aspectos de desempeño ambiental promedio en los sectores económicos, con frecuencia resulta muy difícil vincular los asuntos ambientales de sectores específicos con las tendencias más generales. El reto consiste en la estimación de los cambios probables tanto al interior de los sectores (con base en variables como el comercio internacional, las preferencias del público o las respuestas ante la política fiscal) como entre ellos.⁵⁰ Es poco claro, por ejemplo, cuál es la mejor forma de integrar los pronósticos económicos con los diferentes escenarios respecto de la calidad ambiental. Los pronósticos económicos tienden a centrarse en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) en un plazo de entre dos y cinco años, mientras que el horizonte temporal para las tendencias ambientales y las condiciones ambientales futuras puede ser de entre 25 y 100 años.

Debido al surgimiento de una nueva economía, incluso los pronósticos económicos en sí mismos se vuelven más difíciles. La tecnología de información y comunicaciones parece haber facultado y acelerado la liberalización comercial y la globalización, creando mayor demanda de apertura comercial, por ejemplo, en áreas como el sector de servicios. La tecnología se ha vuelto también una variable endógena que es difícil de modelar. Por ejemplo, muchos consideran las tecnologías de información como una parte crecientemente importante de la explicación no sólo del crecimiento en la productividad sino de las crecientes brechas en productividad entre países, por ejemplo entre Estados Unidos y Canadá. Al considerar la novedosa intersección entre alto crecimiento, baja inflación y tecnologías informáticas en la economía de EU, el Fondo Monetario Internacional observó que el auge actual de la economía de EU podría deberse no al advenimiento de una nueva era sino a una serie de “acontecimientos fortuitos pero temporales” que contribuyeron a un rápido crecimiento económico a finales de los años 1990.⁵¹ El presidente de la Reserva Federal de EU, Alan Greenspan, mencionó “algo profundamente diferente en el ciclo económico de la postguerra”, con la innovación tecnológica impulsando aumentos constantes en la productividad y equipo menos intensivo en mano de obra llevando a precios más bajos y mejores tiempos de entrega.⁵² Las cuestiones “profundamente diferentes” y los “acontecimientos fortuitos pero temporales” son difíciles de incorporar a los modelos de pronóstico económico, por no mencionar el tratar de ocuparse de los impactos en el medio ambiente.

De modo similar, debido a que los efectos económicos de la política comercial no son de fácil comprensión, sigue siendo difícil en extremo hacer estimaciones cuantitativas del cambio ambiental inducido por la liberalización comercial. Esta observación se aplica en particular a los esfuerzos de modelación para probar la hipótesis de la curva de Kuznets que indica que, luego de un periodo de empeoramiento de la calidad ambiental conforme el PIB per cápita

50 Para una revisión de los estudios recientes que vinculan las políticas económicas futuras con los probables impactos ambientales y los trabajos más generales sobre economía y medio ambiente en los trabajos de futuros, véase el Documento de discusión 3 (CCA, 1999e).

51 FMI, 1999.

52 Conferencia con patrocinio de la Cámara de Representantes, Technology and Information Growth, abril de 2000.

aumenta, las tendencias se revierten y la calidad ambiental mejora al tiempo que el ingreso continúa en aumento.⁵³ Los esfuerzos de modelación para probar esta hipótesis pueden sólo llegar a la conclusión de que un solo indicador, en este caso el PIB per cápita, no puede ser un barómetro confiable respecto de las tendencias en la calidad ambiental. Además, otros factores económicos y no económicos, por ejemplo los factores de composición, tecnológicos, regulatorios y de escala, con frecuencia ejercen presiones más fuertes sobre la calidad ambiental. El efecto de estos factores es intrincado y debe modelarse si se quiere pronosticar si la calidad ambiental va a incrementarse, permanecer igual o empeorar, al igual que dilucidar qué sectores económicos y que medios ambientales resultarán más afectados por el incremento en el comercio y el PIB per cápita.⁵⁴

Esta incertidumbre se debe en parte a la falta de conocimiento de:

- las formas adecuadas de medir los cambios en la calidad ambiental, incluida la capacidad de los ecosistemas para recuperarse,
- el papel de los cambios estructurales y de composición en la economía y en las alteraciones de la calidad ambiental,
- el papel de la tecnología en los cambios de la calidad ambiental, incluida la secuencia con la que se aplican las tecnologías de producción más limpia, y
- la relación entre regulaciones internas más estrictas y el ingreso y otro rango de variables.

Incluso si se tuviera la capacidad de pronosticar las complejas respuestas económicas a la nueva tecnología, seguiría siendo difícil prever su impacto ambiental utilizando modelos o elaborando escenarios. Ello se debe a la falta de indicadores de composición o agregación de la calidad ambiental que podrían sopesar los cambios en diferentes tipos de indicadores ambientales. Aunque la Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable ha elaborado 130 diferentes indicadores, la mayoría muestran cambios netos en un medio y no calidad ambiental general. Asimismo, sigue siendo necesario trabajar para desarrollar indicadores capaces de mostrar los cambios en la biodiversidad, la cubierta forestal, los hábitats y los ecosistemas.⁵⁵

Aun cuando siguen existiendo brechas en los datos y las teorías necesarias para apoyar los modelos económicos y bioeconómicos, las técnicas siguen siendo de las pocos métodos cuantitativos y reproducibles entre los disponibles para el análisis de la interacción entre la economía y el medio ambiente en el pasado y el futuro. De ahí que estos enfoques sigan siendo una herramienta vital en el arsenal de métodos al alcance de los investigadores y responsables de políticas para anticipar los problemas ambientales y emprender acciones antes de que éstos se vuelvan graves y persistentes.

53 Kuznets, 1955.

54 La hipótesis, sin embargo, parece sostenerse respecto de la política ambiental. El rigor de las políticas ambientales y las regulaciones parece aumentar con la liberalización comercial y el crecimiento del ingreso.

55 Para una revisión del trabajo sobre indicadores, véase el Documento de discusión 1 (CCA, 1999b).

6.4 Resumen

Al público en general tanto como a los encargados de la toma de decisiones les da cierta seguridad la aparente autoridad de los enfoques altamente cuantitativos, entre ellos el modelado y la extrapolación de tendencias, para el trabajo de futuros. Por ello, estos métodos representan una herramienta poderosa para persuadir al público y avanzar en la toma de decisiones. Dichas técnicas, no obstante, rara vez pueden pronosticar los eventos inesperados que pueden tener una influencia tan poderosa respecto de las condiciones ambientales. Para dichos propósitos pueden ser de gran utilidad técnicas más imaginativas, como la elaboración de escenarios. Lo adecuado de un enfoque o el otro dependerá de la meta y las circunstancias del análisis, el tipo de datos disponibles y la naturaleza del problema que se va a analizar. Por ello, todas las técnicas aquí discutidas, en especial cuando se usan en combinación con flexibilidad y agudeza, pueden hacer importantes contribuciones a nuestro conocimiento de las futuras condiciones ambientales.

En los siguientes dos capítulos se muestra la forma en que estas técnicas pueden ser útiles, solas o en combinación con otros enfoques. El capítulo 8 analiza un caso en el que la elaboración de escenarios contó con otros enfoques y otros muchos factores ayudaron a anticipar un problema ambiental en surgimiento —el agotamiento de la capa de ozono— y a movilizar la acción interna e internacional para enfrentarlo. En el mismo capítulo se ilustra la forma en que los análisis empíricos basados en los modelos económicos pueden minar los mitos sobre futuros impactos ambientales de ciertos desarrollos económicos, en este caso la supuesta neutralidad ambiental de la nueva economía. El capítulo siguiente combina un modelo de simulación comercial con uno hídrico para destacar alternativas políticas respecto de la competencia futura por el agua entre las áreas urbanas y rurales.

7 Modelado de la competencia futura por el agua

57

Muchos observadores consideran que la disponibilidad de agua es uno de los más críticos factores en la seguridad alimentaria de muchas regiones del mundo. En las zonas áridas de América del Norte parece factible que el desarrollo urbano sin control compita con la agricultura de riego por los cada vez más escasos recursos de agua dulce. En algunas áreas, satisfacer la creciente demanda de agua de las ciudades y la industria significará menos agua disponible para riego en la agricultura, insumo esencial que no pudo incluirse en el análisis de flujos de materiales en el sector agropecuario en el capítulo 4.

Para poder entender estas fuerzas en juego, la CCA decidió explorar uno de los más amplios modelos globales para destacar estos asuntos y cómo podrían evolucionar en los próximos 10 a 20 años. El modelo fue entonces aplicado a tres escenarios sobre cómo puede evolucionar en Estados Unidos la competencia por el agua entre las áreas urbanas y rurales.

7.1 El modelo de simulación Impact-agua

En años pasados, la CCA estuvo trabajando en asociación con investigadores del Instituto Internacional de Investigaciones sobre Política Alimentaria (International Food Policy Research Institute, IFPRI) y la Universidad Estatal de Michigan para integrar el Modelo de Simulación Hídrico (Water Simulation Model, WSM) con el International Model for Policy Analysis of Agricultural

Commodities and Trade (Impact). Dicho enfoque permite modelar el uso y disponibilidad de agua con un modelo razonablemente preciso de operación de las fuerzas del mercado pertinentes.

7.1.1 Impact

El modelo Impact ha sido profusamente utilizado y sus resultados se citan con frecuencia.⁵⁶ Se trata de una ampliación de modelos previos y bien aceptados sobre comercio global, entre ellos el International Food Policy Simulation Model (Ifpsim), el Static World Policy Simulation Model (Swopsim), el Multilingual Thesaurus Management System de la OCDE World Food Model de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Impact se centra en el sector agropecuario y es un modelo mundial de equilibrio parcial que permite proyecciones de largo plazo de precios, oferta, demanda y comercio.⁵⁷

Impact ha sido aplicado a 35 países y 17 mercancías. El comercio enlaza sus submodelos para agricultura en diferentes regiones y países, subrayando por tanto la interdependencia de los países y las materias primas en los mercados globales agropecuarios. Impact ofrece un marco coherente para analizar los efectos de diferentes políticas alimentarias y tasas de inversión en investigación agrícola sobre productividad de cultivos, así como el impacto del ingreso y el crecimiento demográfico en la seguridad alimentaria y el balance entre la demanda y la oferta de alimentos.

58

7.1.2 El modelo de simulación hídrico

El Modelo de Simulación Hídrico (MSH) simula la disponibilidad de agua para los cultivos, tomando en cuenta:

- el total de recursos hídricos renovables,
- la demanda de agua no agrícola,
- la infraestructura para el abasto de agua y
- las políticas económicas y ambientales sobre agua por país y región.

En el modelo toda el agua de superficie se presenta agregada en una sola reserva y toda el agua subterránea en una sola fuente. Cada mes, el balance de agua perdida y ganada se calcula para cada cuenca/país/región con restricciones de regulación de almacenamiento y compromisos de flujo. Las transferencias entre áreas de almacenamiento se rastrean anualmente. La disponibilidad de agua se trata como variable estocástica (es decir una variable cuyo nivel es función de un término y un valor esperado y uno que es altamente volátil), pero

56 Véase una descripción detallada en Rosegrant et al., 1995. Los resultados recientes del modelo Impact pueden encontrarse en Pinstrip-Andersen et al., 1997, 1999

57 Rosegrant y Cai, 2000.

con distribución probabilística observable. Este enfoque permite el examen del impacto de las sequías en el abasto de alimentos, la demanda y los precios.

La demanda de agua en todas las cuencas se agrega en tres sectores: agropecuario, industrial y uso doméstico. La demanda agropecuaria incluye tanto la demanda de riego de cultivos como la de abreviar ganado y la demanda de uso doméstico en áreas rurales.

7.1.3 Impact-WSM

El modelo Impact-WSM integra el modelo de simulación hídrica con el modelo de comercio y economía Impact, lo que permite la exploración de las relaciones entre la disponibilidad de agua y la producción de alimentos en varias escalas espaciales —de cuencas de ríos, países y regiones hasta a escala global— en un horizonte temporal de 30 años. Al igual que con el MSH simple, la disponibilidad de agua se trata como una variable estocástica con distribuciones observables de probabilidad para examinar el impacto de las sequías en el abasto de alimentos, la demanda y los precios.

Una vez que la demanda y el abasto de agua se han calculado, el resultado se incorpora en las funciones que muestran el rendimiento en áreas dedicadas a los cultivos de riego, así como en los de temporal. Se cubren ocho cultivos:

- arroz,
- trigo,
- maíz,
- otros granos gruesos,
- soya,
- papas,
- camote,
- yuca y otras raíces y tubérculos.

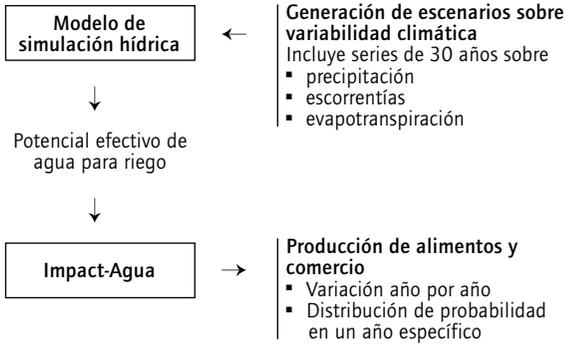
El modelo integra el abasto de agua para riego en la agricultura con la infraestructura usada para dicho abasto. Ello hace posible calcular el impacto de las inversiones para mejoría de los sistemas de irrigación y en ampliar el área potencial reservada para cultivos.

Debido a estas características, el modelo Impact-MSH puede usarse para simular los impactos del cambio del agua de riego hacia otros usos a escala regional, nacional, regional o global. Sin embargo, tiene sus limitaciones. Por ejemplo tendría dificultades para pronosticar cambios no lineales agudos que ocurrieran en una guerra comercial u otra forma de conflicto internacional.

En la actualidad el modelo se ha aplicado sólo a 14 cuencas hídricas en EU, pero se requieren grandes cantidades de datos para alimentar la parte de

simulación hídrica del modelo. Podría ser muy costoso, aunque factible, aplicarlo a México (en donde la escasez de agua podría ser aguda en el futuro) o Canadá (país al que se percibe como ampliamente dotado de agua).

Gráfica 6. Modelo Impact-WSM



El modelo tiene una flexibilidad prometedora en cuanto a iluminar nuevos aspectos de la competencia por el agua en los tres países, misma que es factible que crezca. En Estados Unidos, Canadá y México una gran parte de la producción agropecuaria y la actividad económica, al igual que la población, se congregan en ciertas cuencas hídricas sometidas a presión, aunque el agua resulta relativamente abundante en otras. Utilizando la flexibilidad del modelo para observar a los países del TLCAN por cuenca ribereña podríamos analizar modos alternativos de distribución y uso del agua, dadas las restricciones ambientales y la creciente demanda de agua en diferentes cuencas que podrían complicar el acceso futuro a los recursos hídricos. Dicho enfoque podría facilitar la elaboración de proyecciones sobre el abasto y la demanda de agua, entre ellas:

- proyecciones de la demanda de agua de los sectores municipal e industrial;
- proyecciones del uso de agua municipal e industrial;
- análisis de futuras alternativas sobre la producción y la demanda de alimentos, el comercio de alimentos y sus precios internacionales;
- análisis del impacto de varios escenarios hídricos sobre el abasto y la demanda de alimentos;
- análisis del efecto de la competencia por el agua entre sectores en la disponibilidad de agua para el sector agropecuario.

Como se muestra en la siguiente sección, también será posible estudiar el impacto de diferentes políticas ambientales que restringen o cambian la disponibilidad de agua para diferentes usos.



7.2 Aplicación del modelo: tres escenarios estadounidenses

El modelo se aplicó a 14 cuencas ribereñas en Estados Unidos para generar tres escenarios: uno de base y dos alternativos. Estos últimos suponen reducciones en los Retiros Máximos Permitidos de Agua (RMPA) —es decir, la capacidad física para el retiro del agua, tanto mediante la desviación de agua superficial como por bombeo de agua subterránea— disponible para usos agropecuarios, municipales e industriales. En todos los escenarios se supone que siempre el agua estará dirigida primero a satisfacer las demandas municipal e industrial, que están creciendo a tasa mucho más rápida que la de uso agropecuario, como lo muestra el cuadro 4. En consecuencia, los dos escenarios alternativos: Alt 1 y Alt 2 se centran en reducciones en los RMPA para abastecer la agricultura de riego.

Los escenarios son:⁵⁸

- *Escenario base:* En este escenario se asume que continuarán las tendencias actuales en uso del agua e inversión.⁵⁹ También se supone que en todo EU el RMPA se incrementará en 5 por ciento en los próximos 25 años. El aumento en diferentes cuencas ribereñas oscilará entre un nivel bajo de 1.7 por ciento y otro alto de 13.9 por ciento según la cuenca, con los mayores incrementos en las cuencas más secas o sujetas a mayores retiros para actividad agropecuaria intensiva (entre ellas las cuencas de los ríos Bravo, Columbia y White-Red). También se supone que los aumentos en la eficiencia del riego oscilarán entre 1.5 y 8 por ciento en diferentes cuencas, con los mayores incrementos en aquellas que cuentan con infraestructura ya bien desarrollada, como en los ríos California y Colorado. Un supuesto final es que la cantidad de agua almacenada en reservas de superficie será de 1,017 km³ –nivel que se mantendrá.⁶⁰

58 Todos los escenarios utilizan datos hidrológicos (es decir, datos sobre precipitación, evapotranspiración y escorrentías) que recrean el régimen hidrológico de 1961-1991 (con base en los datos elaborados por el Center for Environmental System Research, University of Kassel, 2000). Todos los escenarios suponen la gradual eliminación de la “minería hídrica subterránea” —es decir, el bombeo a una tasa mayor que la que el agua se puede renovar— entre 2000 y 2025. Sin embargo, en términos netos, el bombeo de agua del subsuelo aumentará en 25 kilómetros cúbicos (km³) en el periodo. En otras palabras, al tiempo que el bombeo de los mantos freáticos disminuirá en los próximos 25 años en alrededor de 8.5 km³ en áreas en que los retiros son grandes (las cuencas hídricas de los ríos Colorado, California, Bravo y White-Red), los retiros aumentarán gradualmente hasta 33.5 km³ en áreas con mayor disponibilidad de recursos de agua subterránea. Es interesante señalar que en 1995 la cantidad total de agua del subsuelo bombeada fue 107 km³, es decir 21 por ciento de los retiros hídricos totales.

59 Por actuales se entiende 1995, último dato confiable a la mano.

60 El dato procede de los trabajos del International Committee of Large Dams (ICOLD, 1998).

- 62
- *Alt 1: “Golpe al riego”*: Este escenario supone una disminución de 7.8 por ciento en los RMPA de todas las cuencas ribereñas en los próximos 25 años en relación con los niveles de 1995, como resultado de un importante aumento en la cantidad de agua retirada del riego por razones ambientales. Por ejemplo, podría retirarse menos agua para riego de la cuenca del río Columbia con el fin de proteger o restaurar el hábitat del salmón. En este escenario se supone que la disminución en los retiros máximos en las diferentes cuencas oscilan entre 2.1 y 13.9 por ciento, con las mayores reducciones en las cuencas en que los retiros de agua son ya altos, por ejemplo en los ríos California y Colorado. Se supone también, en contraste con el escenario de base, que para 2025 alrededor de 6.3 por ciento (alrededor de 64 km³) del actual almacenamiento de agua se perderá por relleno de sedimentación y no se recuperará.⁶¹
 - *Alt 2: “Gana eficiencia el riego”*: En este escenario se suponen las mismas reducciones a los retiros máximos que en el escenario “golpe al riego”, pero se logran grandes mejorías en el riego respecto de las asumidas en el escenario de base. Se supone que las mejorías factibles en la eficiencia en el uso del agua de riego en las cuencas pueden compensar por la pérdida de cantidad de agua para riego por razones ambientales. Más en particular, se supone que para 2025 la eficiencia efectiva del uso del agua se incrementará entre 9.5 y 16.7 por ciento en las cuencas hidrográficas de EU. En los ríos Colorado y California, por ejemplo, se asume que la eficiencia efectiva en el uso del agua para 2025 habrá aumentado a 0.9, nivel que Israel logra en sus sistemas de riego. Debe destacarse que este escenario hace los mismos supuestos que el Alt 1 respecto de la pérdida de almacenamiento de agua de superficie debido a sedimentación.

Es importante señalar que, en todos los escenarios, mientras que los retiros totales de agua aumentan 5 por ciento en un periodo de 25 años, el consumo del agua apenas aumenta. La razón parecería ser que, además de los aumentos en la eficiencia en el uso del agua al interior de las cuencas, el uso agropecuario representa una porción menguante del total del consumo. En 1995, el agua para uso agropecuario representó 67.7 por ciento del consumo total con una disminución a 63.6 por ciento en 2010 y 60.8 por ciento en 2025. En general, los usuarios agropecuarios consumen más agua en relación con los retiros de lo que es el caso para los usuarios municipales o industriales. Por ello, incluso cuando el retiro total de agua aumenta en 5 por ciento en un periodo de 25 años, el consumo total se mantiene casi sin cambio debido a que el uso proporcional en agricultura disminuye mientras que aumenta para los usuarios municipales e industriales.

61 Según cálculos de Gleick (1993).

Cuadro 4. Demanda de agua, evaluación en el año base y proyecciones en los años futuros

	Demanda de agua de riego			Demanda municipal e ind.			Demanda total de agua		
	1995 (km ²)	2025 (km ²)	Cambio (%)	1995 (km ²)	2025 (km ²)	Cambio (%)	1995 (km ²)	2025 (km ²)	Cambio (%)
Ohio y Tenn.	1.01	1.166	15.4	8.37	9.204	10.0	9.38	10.37	10.6
Río Bravo	4.2	4.336	3.2	1.68	2.088	24.3	5.88	6.424	9.3
Columbia	18.13	18.074	-0.3	2.42	3.066	26.7	20.55	21.14	2.9
Colorado	16.66	15.81	-5.1	3.82	5.368	40.5	20.48	21.178	3.4
Gran Cuenca	6.97	7.35	5.5	1.61	2.282	41.7	8.58	9.632	12.3
California	30.35	29.26	-3.6	5.19	6.952	33.9	35.54	36.212	1.9
Ríos White-Red	14.88	14.958	0.5	3.97	4.812	21.2	18.85	19.77	4.9
Atlántico Medio	1.04	0.972	-6.5	8.32	9.162	10.1	9.36	10.134	8.3
Mississippi (alto)	7.54	7.036	-6.7	2.38	2.796	17.5	9.92	9.832	-0.9
Mississippi (bajo)	1.53	1.722	12.5	3.68	4.112	11.7	5.21	5.834	12.0
Grandes Lagos	1.06	1.136	7.2	5.78	6.462	11.8	6.84	7.598	11.1
Atlántico Sur-Golfo	10.12	12.316	21.7	7.65	9.108	19.1	17.77	21.424	20.6
Texas-Golfo	11.76	12.224	3.9	5.64	7.604	34.8	17.4	19.828	14.0
Missouri	26.46	28.782	8.8	3.88	5.268	35.8	30.34	34.05	12.2
EU	151.71	155.142	2.3	64.39	78.284	21.6	216.1	233.426	8.0

Cuadro 5. Comparación del escenario base y los alternativos (producción, demanda, comercio y precios internacionales de alimentos, en 2021-2025)

	Producción (miles de ton)				Demanda (miles de ton)			
	1995	Promedio 2021-2025			1995	Promedio 2021-2025		
		BAS	ALT1	ALT2		BAS	ALT1	ALT2
Arroz	5,476	6,628	5,505	5,942	2,938	4,046	4,037	4,041
Trigo	61,587	85,155	82,011	82,498	31,580	41,009	40,942	40,949
Maíz	226,640	300,440	293,490	296,767	177,692	226,740	225,208	226,045
Otros granos	27,476	42,070	40,900	41,212	23,560	33,033	33,221	33,126
Total de cereales	321,179	434,294	421,907	426,420	235,770	304,828	303,408	304,161
Soya	64,195	81,455	80,795	80,810	42,274	61,847	61,653	61,680
	209.0	28,925	25,221	25,974	20,948	27,979	27,834	27,866
Camotes	602	754	715	726	616	741	739	740
Yuca y raíces	3	0	0	0	207	230	230	-204

	Exportaciones (miles de ton)				Precios internacionales			
	1995	Promedio 2021-2025			1995	Promedio 2021-2025		
		BAS	ALT1	ALT2		BAS	ALT1	ALT2
Arroz	2,538	2,575	1,464	1,888	285.0	218.4	220.4	219.8
Trigo	30,007	43,170	40,111	40,631	133.0	124.8	126.8	126.0
Maíz	48,948	68,330	62,252	65,361	103.0	105.6	108.2	107.2
Otros granos	3,916	7,578	6,184	6,583	97.0	86.4	87.4	87.0
Total de cereales	85,409	121,653	110,011	114,463	N/A	N/A	N/A	N/A
Soya	21,921	20,031	19,581	19,717	247.0	242.8	244.2	244.0
	342	952	-2,608	-1,887		176.0	179.0	178.4
Camotes	-14	13	-23	-13	134.0	90.2	92.4	91.6
Yuca y raíces	-230	-230	-230	106.0	81.6	82.6	82.2	

En Alt 1, nuestro escenario “Golpe al riego”, el área de riego comparada con los valores de base para 2021-2025 en EU disminuye alrededor de 13.7 por ciento para el arroz, 15.5 por ciento para el trigo, 6.2 por ciento para el maíz, 7.2 por ciento para otros granos, 2.7 por ciento para la soya y 1.3 por ciento para la papa. Los rendimientos del riego disminuyen alrededor de 4 por ciento para el arroz, 11.5 por ciento para el trigo, 8 por ciento para el maíz, 10 por ciento para otros granos, 9.2 por ciento para la soya y 14.7 por ciento para la papa. Las bajas de producción en las áreas irrigadas, por tanto, alcanzan 16.9 por ciento para el arroz, 25.2 por ciento para el trigo, 13.9 por ciento para el maíz, 16.6 por ciento otros granos, 11.7 para la soya y 15.8 por ciento para las papas. En el escenario Alt 2, Aumentos en la Eficacia del Riego, la disminución en la producción no son tan grandes: 10.4 por ciento para el arroz, 10.7 otros granos, 8 por ciento soya y 12.7 papa. En relación con la línea de base, las mayores disminuciones en la producción en los dos escenarios alternativos ocurren en las cuencas con mayor escasez de agua al inicio del periodo de la proyección.

Esta disminución en la producción de riego conlleva una caída en la contribución de la agricultura de riego a la producción total de alimentos, pero sólo a cambios menores en la contribución de los cultivos de temporal. Para todo el país, la producción de riego de cereales en 2021-2025 representa 19.0 por ciento, 16.5 por ciento y 17.3 por ciento de la producción total en el escenario base, el Alt 1 y el Alt 2, respectivamente. En los dos escenarios alternativos la contribución del riego a la producción disminuye sustancialmente más en las cuencas caracterizadas por mayor escasez de agua: las cuencas de los ríos Colorado, California, Bravo y Golfo-Texas. Para la agricultura de temporal, los cambios son muy ligeros en los tres escenarios. Alt 1, el escenario “Golpe al riego” lleva a un ligero incremento en la producción de temporal en 2021-2025 (alrededor de 0.2 por ciento en comparación con el valor de base), pero sólo porque hay un aumento menor en el precio internacional (y por tanto en EU) de los granos, debido a la disminución estadounidense de la producción.

El cuadro 5 compara los tres escenarios cultivo por cultivo en términos de los resultados de producción, demanda y comercio de alimentos, así como los precios internacionales de las materias primas en 2021-2025. En el escenario Alt 1 se dan disminuciones marcadas en el mercado de EU en el total anual de producción, demanda y exportaciones de cereales, en comparación con el escenario base. Estas bajas son mucho menores en el escenario Alt 2. El mismo patrón se da para la soya. Los impactos son mayores en el caso de la papa debido a que alrededor de 80 por ciento de su producción es de riego. Mientras que en el escenario base la exportación de papa es de 0.94 millones de toneladas en 2021-2025, el escenario “golpe al riego” revierte el flujo de comercio llevando a una importación de 2.5 millones de toneladas de papas en el mismo periodo. Los impactos en todos los casos son mucho menores en el escenario “gana eficiencia el riego”.

El modelado indica que las desviaciones de agua afectan mucho más la producción de alimentos en las cuencas más secas (entre ellas las del Colorado y Golfo-Texas) y en aquellas en las que el riego contribuye en mayor proporción a la producción total (por ejemplo, las cuencas de Missouri, Arkansas, California y White-Red). En 2021-2025, éstas dieron cuenta de 95 por ciento del déficit en la producción cerealera en el escenario “golpe al riego” en comparación con el escenario base. En las cuencas en que las restricciones ambientales son más evidentes. Sería claramente deseable otorgar alta prioridad a la mejoría de los sistemas de manejo de los recursos hídricos.

7.3 Resumen

Los resultados de aplicar el modelo Impact-WSM a las cuencas hidrográficas de EU sugieren que es posible transferir cantidades adicionales de agua para cumplir objetivos ambientales sin un impacto devastador en la producción y el comercio general de alimentos. Aunque pueden darse efectos localizados en el empleo agrícola y sectores relacionados en el escenario de creciente competencia por los escasos recursos hídricos, los efectos más importantes se concentrarían en cuencas específicas en las que podría presentarse déficit de producción. Sería ahí donde podrían hacer falta intervenciones para compensar a los productores agrícolas afectados por las desviaciones ambientales. No obstante, como lo probó el escenario “gana eficiencia el riego”, las inversiones en el desarrollo de mejores sistemas de riego pueden mitigar muchos de estos impactos negativos, incluso si se transfiere agua con fines ambientales. Dichas inversiones podrían estimularse con reformas en las políticas, por ejemplo una más audaz estructura de tarifas hídricas, para fomentar la conservación y la austeridad en los usos municipales e industriales, que en nuestros escenarios son los principales demandantes de agua.

Dichas acciones se vuelven más importantes cuando se considera que, incluso en el escenario base, es posible que se den algunos déficits en la disponibilidad de agua para riego en zonas áridas de cuencas en el occidente de EU, así como en el oeste medio, en donde se hace uso intensivo de agua con fines de irrigación. Resulta claro que el uso eficiente del agua se está volviendo importante en todas las regiones debido a las restricciones ambientales y los rápidos incrementos en la demanda de agua por parte de los municipios y la industria. Hará falta el manejo adecuado de los recursos hídricos de EU no sólo para cumplir los objetivos ambientales y satisfacer las necesidades de los usuarios agropecuarios y de otros sectores, sino también para poner cereales a disposición de los países en desarrollo a precios asequibles, en los mercados alimentarios crecientemente integrados a escala regional y mundial.

El modelo Impact-WSM puede también utilizarse para obtener perspectivas sobre la disponibilidad y el uso del agua en una dimensión mayor. Podría usarse, por ejemplo, para modelar:

- las fuerzas que intensifican las variaciones de la cantidad de agua disponible para riego (por ejemplo, el cambio climático global, la contaminación, la transferencia para usos municipales e industriales y la conservación ambiental), y
- las fuerzas que podrían reducir esa variabilidad (por ejemplo, las inversiones en infraestructura, el intercambio internacional de agua y el desarrollo de nuevas fuentes de agua).

De dichas fuerzas, la que podría tener un efecto más agudo es el cambio climático. Aunque sólo un análisis sustancial podría permitir un cálculo cuidadoso de los impactos del calentamiento atmosférico, podríamos especular que su principal efecto sería exacerbar la presión sobre la agricultura de riego en las regiones con escasez de agua.⁶² Por ejemplo, si las temperaturas medias anuales aumentan entre 3 y 4 grados, la precipitación pluvial en el cinturón del maíz de EU tendría una reducción proyectada de alrededor de 10 por ciento. Una menor precipitación con mayor evaporación podría limitar sustancialmente la producción de maíz en la región.⁶³ El aumento previsto en las temperaturas globales podría también incrementar las necesidades mundiales de irrigación en un máximo de 26 por ciento para mantener los actuales niveles de producción.⁶⁴

66

62 Rosegrant y Cai, 2000.

63 Rosenzweig y Parry, 1994.

64 Postel, 1989.

8 Lecciones para el trabajo de futuros

67

Aunque ningún método para el análisis de las condiciones ambientales futuras muestra la forma real del mañana, cada uno tiene sus puntos fuertes y ha habido algunos notables éxitos, lo mismo que fracasos.

Quizá el mayor de los éxitos fue el que incluyó la elaboración de escenarios y otras técnicas para echar luz sobre el creciente problema del agotamiento de la capa de ozono y para motivar acciones concretas a escala mundial para mejorar la situación. Este capítulo presenta algunas de las lecciones de esa experiencia del trabajo de futuros.

Por vía de contraste, el capítulo trata también sobre cómo las expectativas sobre los efectos benéficos para el medio ambiente de las tecnologías de la información y las comunicaciones no se concretaron y cómo puede sacarse de ahí una lección respecto de las predicciones sobre otras tecnologías incipientes.

8.1 Un éxito del trabajo de futuros: el caso del agotamiento de la capa de ozono

Las respuestas al agotamiento de la capa de ozono y al cambio climático ofrecen lecciones valiosas respecto de la importancia de la elaboración de escenarios. Cuando los científicos dieron a conocer a mediados de los años setenta la hipótesis de la pérdida acelerada de ozono de la estratosfera vinculada con las cargas crecientes de cloro, la elaboración de escenarios respecto de los efectos

futuros en la salud humana y la economía de esta situación produjeron acontecimientos que llevaron, trece años más tarde, al establecimiento de un régimen internacional orientado a la eliminación de las sustancias químicas agotadoras del ozono. Desde cualquier punto de vista, esta rápida evolución sigue siendo notablemente breve en la evolución de cualquier política pública.

La evolución de los hechos incluyó:

- la difusión de hipótesis científicas creíbles de previsiones de degradación ambiental global por parte de Rowland y Molina en 1974;
- desarrollo y aplicación de mejores técnicas para la medición del ozono de la estratosfera;
- confirmación empírica de agotamiento acelerado de la capa de ozono por medio de pruebas de sitio en el Antártico;
- elaboración y difusión de un análisis que vinculó las tendencias en la pérdida de la capa de ozono con efectos en la salud humana y del medio ambiente;
- el desarrollo de alternativas de bajo costo a los CFC por parte del sector privado;
- el compromiso en 1990 por medio de un fondo multilateral para apoyar los costos de conversión para dejar de usar los CFC, y
- establecimiento del Protocolo de Montreal y sus reformas de 1992, quizá la más efectiva política ambiental internacional establecida hasta ahora.

68

Esta relativamente rápida progresión de las hipótesis científicas al acuerdo internacional no ocurrió por accidente. Un ingrediente importante para el éxito fue la rápida evolución de una base científica con credibilidad, que se constituyó con supuestos teóricos creíbles, monitoreo y evaluación con base en datos empíricos y modelos integrales. La naturaleza de los escenarios respecto de los efectos en la salud humana y el medio ambiente fue crucial: se trató de simulaciones de la forma normal de operación de las cosas, con el objeto de ilustrar los impactos más probables en ausencia de acciones preventivas o de adaptación.

Asimismo, el trabajo científico y los escenarios se acompañaron de un paquete de medidas de política razonables y efectivas para responder a la situación, incluidos instrumentos de mercado, innovación tecnológica, regulaciones y otras medidas. Fue importante en particular el uso de modelos económicos para mostrar que era posible encontrar sustitutos asequibles para las sustancias agotadoras del ozono. Con la posibilidad real de inversión pública en investigación y desarrollo y una variedad de otros incentivos públicos, la transición para alejarse de las sustancias agotadoras del ozono apareció entonces como una alternativa factible y asequible. En contraste, el Protocolo de Kioto sobre Cambio Climático no ha logrado ofrecer una transición tersa.

Otra contribución importante para el éxito en el caso de las sustancias agotadoras del ozono fue el esfuerzo serio para involucrar en el asunto a la comunidad científica y a otros expertos.⁶⁵ Es también imposible exagerar la importancia de los sistemas efectivos de información para transmitir de una manera accesible para la ciudadanía las implicaciones de diferentes escenarios. Aunque los modelos complejos pueden aislar las secuencias presión-estado-respuesta, cuantificar las deficiencias del mercado y calcular la mezcla correcta de respuestas políticas, los cuellos de botella informativos pueden frustrar los avances. Como anotó el Banco Mundial en su *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1998-1999*, los mercados pueden fallar “debido a que los problemas de información agravan las dificultades ambientales o representan un obstáculo en su solución”.⁶⁶

La secuencia de pasos seguidos en el tránsito de las hipótesis científicas sobre el agotamiento de la capa de ozono al amplio acuerdo internacional de acción preventiva fue tan exitosa que merece que se le trate de emular en otras áreas de alta prioridad en preocupación ambiental. Como lo ha mostrado el análisis de flujo de materiales en los sectores forestal y agropecuario, los incrementos en la producción debidos al aumento de la demanda están más que sobrepasando las ganancias en eficiencia derivadas de las nuevas tecnologías y las mejoras en productividad, con lo cual los impactos ambientales adversos se están volviendo más severos que nunca. Así, la elaboración de escenarios, apoyada con modelos de base científica, incentivos de inversión para hacer posibles los sustitutos “más limpios”, políticas razonables y comunicaciones efectivas parecen ser los elementos de una fórmula ganadora que puede aplicarse a otras áreas de alta prioridad en preocupación ambiental, por ejemplo los sectores forestal y agropecuario.

8.2 La nueva economía y el riesgo de las predicciones fáciles

Cuando en los decenios de los años setenta y ochenta las tecnologías de la información se comenzaron a introducir, muchos expertos y no pocos economistas y ambientalistas pronosticaron cambios estructurales que podrían resultar en una nueva economía, más benéfica para el medio ambiente. La comunicación electrónica remplazaría al papel creando una “oficina sin papel”, lo que haría menos necesaria la tala de árboles para pulpa y papel. Las telecomunicaciones permitirían la entrega electrónica de la información, lo que reduciría la necesidad de los servicios postales. Por último, las comunicaciones electrónicas destruirían la distancia como obstáculo para el intercambio humano, lo que reduciría la necesidad del transporte intensivo en energía.

Puede argumentarse que la nueva economía ya está aquí. En 1998 alrededor de 200 millones de personas estaban enlazados en línea por medio de 43 millones

65 Se hizo un esfuerzo similar en el caso del cambio climático. Cuando se plantearon las inquietudes a finales del decenio de 1970 sobre la posibilidad de impactos a largo plazo de la creciente carga atmosférica de carbono, el primer paso para una mejor evaluación de las bases científicas de dichas inquietudes se orientó hacia el Grupo de Trabajo I del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Se ha considerado que con la participación de un amplio grupo de científicos y otros expertos en el IPCC, las bases científicas a partir de las cuales surgieron los compromisos concretos en Kioto y a escala nacional fueron un apoyo a favor de la acción anticipatoria.

66 Banco Mundial, 1998.

de computadoras. En la actualidad, una de cada 40 personas tiene acceso a Internet y el comercio electrónico vive un crecimiento a tasas sorprendentes. Tan sólo en Estados Unidos, el total de las transacciones por comercio electrónico alcanzó \$EU127 mil millones en 1999 y se espera que crezca a \$EU1.4 billones en 2003. Quizá no sea, entonces, demasiado prematuro para empezar a ver algunos de los beneficios económicos.

Aumenten o no las “oficinas sin papel”, la demanda de productos de pulpa y papel no ha disminuido. De hecho, como se ilustró de modo amplio en el capítulo 3, el rápido crecimiento en la demanda de productos de pulpa y papel en los tres países del TLCAN ha generado tal aumento en la producción que se han más que anulado las ganancias en eficiencia debidas a los cambios tecnológicos y las mejoras en productividad. Las consecuencias para el medio ambiente podrían resultar graves.

En contra de las expectativas, el volumen de correo entregado ha continuado creciendo en la mayoría de los países. In 1998-1999, la oficina de correos de Canadá procesó 9.6 mil millones de piezas, 400 millones más que el año previo.⁶⁷ La oficina postal estadounidense maneja más de 200 mil millones de piezas de correo a partir de 1999, un aumento de 30 mil millones desde 1993.⁶⁸

70

La nueva economía, de hecho, en lugar de sustituir las viejas formas de comunicación, como las entregas postales, parecería que ha agregado nuevos modos de comunicación. Por ejemplo, debido al énfasis obvio que la economía global pone en la velocidad, en la pasada década se generó y ha florecido una nueva industria de envío rápido de correo y paquetería. La empresa Fedex comenzó en 1973 con una entrega de 186 paquetes en total. La compañía entrega en la actualidad un total de 3.1 millones de paquetes diarios, con ganancias totales (1998) de \$EU16.8 mil millones, seis por ciento más altas que las de 1997. Fedex no está sola ni con mucho: UPS, el más grande de los servicios de este tipo, entrega 3 mil millones de envíos y paquetes al año, con ganancias totales (1999) de \$EU24.8 mil millones. El año pasado, casi 5 mil millones de toneladas de bienes se movieron así alrededor del mundo.

En contra de las expectativas, una vez más, la gente también se está moviendo más. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) reportó que el total de tráfico aéreo programado en 1999 creció cinco por ciento respecto del de 1998, con un crecimiento de seis por ciento en el internacional. Ello se traduce en 2.63 mil millones de pasajeros-km en 1999, cifra que se espera aumente a 3.04 mil millones de pasajeros-km para 2001, con una tasa anual prevista de siete por ciento anual.

Estas cifras no deberían sorprendernos, en la medida en que la economía global es en esencia el movimiento de gente y cosas de un lugar a otro. No debe olvidarse, sin embargo, que esta nueva movilidad requiere de flotas de aviones y camiones, casi todos ellos consumidores de combustibles fósiles. Fedex opera

67 Véase <http://www.canadapost.ca/business/corporate/about/newsroom/fast_facts/default-e.asp>.
68 Véase <<http://www.usps.com/history/pfact00.htm>>.

una flota de 40 mil camiones y 600 aviones. UPS dispone de 157 mil camiones y 500 aviones en el mundo. Los servicios mundiales de DHL operan 320 aviones alrededor del mundo. Estas flotas de aeroplanos son adicionales y por encima las flotas de aviones comerciales y de cargo en operación.

Es claro que la tecnología de la información ha estado intensificando el intercambio humano. El efecto ha sido tanto el incremento en la demanda de los modos de comunicación y transporte tradicionales como la creación de nuevos modos y la ampliación de mercado para los emergentes. Como lo indica el informe de antecedentes 4 de la CCA, *Auge en las economías, silencios en el medio ambiente y rutas alternativas para nuestro futuro*, “con este muy limitado ejemplo, es posible comenzar a dar sustancia a la relación entre efectos de escala, tecnología, composición y producto. Por ejemplo, aunque el sector servicios de la nueva economía se supone más limpio que las industrias tradicionales, el punto es que cualquier actividad económica implica consecuencias ambientales. Todas esas encomiendas y piezas de correo se mueven por medio de aviones y camiones [...] y, sin referirse a los viajes aéreos, vale la pena mencionar que el IPCC recientemente dio a conocer un informe sobre las contribuciones que los aparatos jet hacen al cambio climático a través de las emisiones de CO₂ y vapor de agua que se emite a grandes alturas. En esa misma área, los principales aeropuertos de América del Norte figuran, a las horas pico, entre las principales fuentes de emisiones de gases de invernadero [...] De manera similar, un informe de 1996 del Departamento de Comercio de EU (Environmental Trends and the US Transportation System), señala que, aunque las emisiones de vehículos se han reducido, la excepción son los NO_x. El informe también hace notar que aun cuando las reglamentaciones han permitido reducir el total de emisiones, la información reciente muestra ‘un ritmo más lento de las mejoras’ hechas en los pasados dos decenios debido a dos razones: un aumento en el transporte total (efectos de escala) y un crecimiento en los vehículos fuera de carretera y sin regulación, también conocidos como vehículos de uso deportivo (efectos regulatorios y de producto) [...] Los efectos de escala y los cambios de tendencia en la contaminación atmosférica son sólo un signo de la nueva economía mundial.”⁶⁹

Como tal, el caso de la tecnología de la información y las comunicaciones debería estudiarse más a profundidad para analizar si su fracaso en reducir las presiones ambientales era previsible, así como lecciones que puedan aplicarse a las tecnologías en surgimiento.

8.3 Resumen

Dos son las lecciones que se pueden sacar del éxito de los esfuerzos por generar políticas internacionales efectivas para el control de las sustancias agotadoras del ozono y las en exceso festivas expectativas acerca de las implicaciones

69 CCA, 2000a.

ambientales de las tecnologías de la información y las comunicaciones. La primera es que la habilidosa elaboración de escenarios puede tener un efecto real en el cambio si se le respalda con modelado y pruebas científicas sólidas, una realista mezcla de políticas que tomen en cuenta el costo de transición de cumplir su objetivo y comunicaciones efectivas que involucren a la comunidad científica, otros expertos y el público en general. La segunda es que los efectos de escala, composición y producto pueden con facilidad abrumar las ganancias en eficiencia resultantes del cambio tecnológico.

9 Conclusión

Como se ha mostrado en los ocho capítulos previos, el proyecto de la CCA Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes ha sido productivo. Incluyó la primera aplicación del análisis de flujo de materiales en los sectores agropecuario y forestal y ha facultado proyecciones innovadoras sobre la futura competencia por el agua dulce entre los sectores agropecuario y urbano en EU hacia el año 2025, utilizando un modelo híbrido Impact. Además, la CCA ha difundido cuatro documentos de antecedentes en los que se identifican tendencias ambientales, diferentes motores económicos del cambio ambiental y métodos para anticipar futuros desafíos ambientales. Las lecciones de este trabajo han sido muchas y la mayoría han permitido un mejor conocimiento de las implicaciones ambientales futuras de la liberalización del comercio, así como de los métodos necesarios para evaluar dichos impactos.

A principios de 2002 el trabajo sobre tendencias ambientales se fusionó con el trabajo en marcha sobre evaluación de los efectos del TLCAN en el medio ambiente. La meta de dicha integración es mejorar las evaluaciones ambientales de la integración del mercado en la economía de América del Norte, centrándose en los efectos ambientales de la liberalización comercial en el pasado y en el futuro. El enfoque adoptado supondrá la elaboración de evaluaciones ambientales que integren los trabajos de futuros o pronóstico llevados a cabo en el curso del proyecto Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes, con el trabajo analítico sobre los efectos del TLCAN desde su origen. Una orientación importante será el

análisis de sectores específicos, a partir de las perspectivas aquí descritas con respecto a las tendencias en los sectores agropecuario, forestal y de energía. La meta en última instancia será desarrollar opciones de política adecuadas y proactivas para mitigar los daños ambientales asociados con la expansión del comercio y las reformas en la economía en su conjunto, así como maximizar los potenciales beneficios ambientales que surjan de la integración del mercado.

Las otras tres áreas medulares del programa de la CCA son: Conservación de la Biodiversidad, Contaminantes y Salud y Legislación y Políticas Ambientales.

Referencias y bibliografía seleccionada

- Agencia Internacional de Energía (AIE), 2001. *Electricity Information 2001*. Agencia Internacional de Energía, París.
- Ayres, R. U. 2000. "Commentary on the Utility of the Ecological Footprint Concept." *Ecological Economics*, 32:347-49.
- Bakkes, J. A., D. P. Van Vuuren, y E. Smeets. 1999. *Abstracts of Selected Environmental Outlook Reports and Assessments*. París: OCDE (inédito).
- Banco Mundial, 1998. Draft Report. *World Development Report 1998/99: Knowledge for Development*. July 1998.
- Bonnis, G. 1999. *OECD Environmental Outlook and Strategy: Forestry Trends*. París, OCDE (inédito).
- Bright, C. 1998. Worldwatch Briefing: On "Life Out of Bounds: Bioinvasion in a Borderless World." <http://www.worldwatch.org/alerts/pr981010.html>
- Bryant, D., D. Nielsen, y L. Tangle. 1997. *The Last Frontier Forests: Ecosystems & Economies on the Edge: What is the Status of the World's Remaining Large, Natural Forest Ecosystems?* Washington, DC: World Resources Institute, Forest Frontiers Initiative.
- Burke, L., Y. Kura, K. Kassem, C. Revenga, M. Spalding, y D. McAllister. 2001. *Pilot analysis of global ecosystems: Coastal ecosystems*, Washington DC: WRI.
- Cacho, O. J. "The Role of Bioeconomic Models in Renewable Resource Management and Assessment of Solution Techniques." Presentado en el simposio *Integrating Approaches for Natural Resource Management and Policy Analysis: Bioeconomic Models, Multi-Agent Systems, and Cellular*

Automata. Berlin: XXIV International Conference of Agricultural Economists, Berlin, agosto de 2000.

http://www.zef.de/download/iaae_symp/cacho_paper.pdf

Carpentier, C.L. y D. E. Ervin. 2001. "USA", Chapter 5 in *Public Concerns and Agricultural Trade: Environmental, Animal Welfare and Human Health Issues*. F. Brouwer y D.E. Ervin (comps.), CABI

CCFM (Canadian Council of Forest Ministers). 1996. *Compendium of Canadian Forestry Statistics, National Forestry Database*. Ottawa: Canadian Council of Forest Ministers.

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 1999a. North American Transboundary Inland Water Management Report (Inédito)

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 1999b. Background Note #1 to Emerging Trends Experts Group: Issues of Methods, Models and Indicators. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 1999c. Background Note #2 to Critical and Emerging Trends Advisory Group: Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal. CEC (Commission for Environmental Cooperation). 1999e. Background Note #3 for Emerging Trends Experts Group. Commission for Environmental Cooperation, Montreal.

76 CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 1999d. Background Note #3 for Emerging Trends Experts Group. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2000a. *Securing the Continent's Biological Wealth: Towards Effective Biodiversity Conservation in North America*. Montreal: Comisión para la Cooperación Ambiental (Working Draft of a Status Report for Stakeholder Input, Prepared as the Integrated Baseline Summary Report for the Strategic Directions for the Conservation of Biodiversity Project 99.02.01. Equipo del proyecto: Arthur J. Hanson, Tundi Spring Agardy, Ramón Pérez Gil Salcido).

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2000b. *Background Note #4 Booming Economies, Silencing Environments and the Paths to Our Future*. Elaborado por el proyecto Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes de la Comisión para la Cooperación Ambiental. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2001a (en prensa). *Assessing the Environmental Effects of Trade: the North American Symposium on Assessing the Links between Trade and Environment - Executive Summary*. CCA, Montreal.

CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2001b. *Background Note on the Potential Market For Sustainable Coffee in North America*. CCA, Montreal.

- CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2001c. *North American Trade and Transportation Corridors: Environmental Impacts and Mitigation Strategies*. CCA, Montreal.
- CEC Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), 2002. *The North American Mosaic: A State of the Environment Report*. CCA, Montreal.
- CEQ (Council on Environmental Quality). 1996. *Environmental Quality: The Twenty-fifth Anniversary Report of the Council on Environmental Quality*. Washington, DC: Council on Environmental Quality.
http://ceq.eh.doe.gov/reports/1994-95/rep_toc.htm
- Chung, C., y C. Bertuzzi. 1999. *OECD Environmental Outlook and Strategy: Fisheries Trends*. OCDE (inédito).
- Corfee-Morlot, J. 1999. *OECD Environmental Outlook and Strategy: Climate Change Trends, GHG Emission and Policy Trends*. OCDE (inédito).
- Dahl, T.E. 1990. *Wetland Losses in the United States, 1780s to 1980s*. Washington, DC: US Department of the Interior, US Fish and Wildlife Service.
- Davidson, I. 1996. Comunicación personal: Wetlands International.
- Delgado, Christopher, Pierre Crosson y Claude Courbois. 1997. *The Impact of Livestock and Fisheries on Food Availability and Demand in 2020*. International Food Policy Research Institute, Washington.
- De Moor, Andre (1997). *Subsidizing Unsustainable Development*. Institute for Research on Public Expenditure. La Haya.
- DFO (Department of Fisheries and Oceans Canada). 1997. *Ensuring the Health of the Oceans and Other Seas*. Department of Fisheries and Oceans Canada.
<http://www.ec.gc.ca/agenda21/97/mono3.htm>
- DPCSD (United Nations Department for Policy Coordination and Sustainable Development). 1997. *Critical Trends: Global Change and Sustainable Development*. Organización de las Naciones Unidas, Nueva York.
- EC (Environment Canada). 1996. *The State of Canada's Environment 1996*. Ottawa: Environment Canada.
- EC (Environment Canada). 1998a. *Canadian Passenger Transportation*. National Environmental Indicator Series, SOE Bulletin No. 98-5. Environment Canada, State of the Environment Reporting Program.
<http://www.ec.gc.ca/Ind/English/Transpo/default.cfm>
- EC (Environment Canada). 1998c. *Urban Water: Municipal Water Use and Wastewater Treatment*. National Environmental Indicator Series, SOE Bulletin No. 98-4. Environment Canada, State of the Environment Reporting Program.
http://www.ec.gc.ca/Ind/English/Urb_H20/default.cfm
- EIU (Economist Intelligence Unit). 1998a. *Canada: Country Profile: 1998-99*. London: The Economist Intelligence Unit.

- EIU (Economist Intelligence Unit). 1998b. *Mexico: Country Profile, 1998–99*. London: The Economist Intelligence Unit.
- EIU (Economist Intelligence Unit). 1998c. *United States of America: Country Profile, 1998–99*. London: The Economist Intelligence Unit.
- EIU (Economist Intelligence Unit). 2000. *Country Profile: Mexico*. London.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1996. *National Water Quality Inventory: 1996*. Report to Congress. US Environmental Protection Agency, Office of Water. <http://www.epa.gov/owow/wtr1/305b/96index.html>
- EPA (Environmental Protection Agency). 1997. *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters: Second Report to Congress*. Research Triangle Park, NC: US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards.
<http://www.epa.gov/airprog/m/oar/oaqps/gr8water/2ndrpt/index.html>
- EPA (Environmental Protection Agency). 1998a. *Monitoring the Nation's Estuaries: A Program in Progress*. US Environmental Protection Agency, Gulf of Mexico Program. <http://www.epa.gov/gumpo/emap/module2.html>
- EPA (Environmental Protection Agency). 1998b. Louisiana Universities Marine Consortium Press Release. US Environmental Protection Agency, Gulf of Mexico Program. <http://www.gmpo.gov/nutrient/nehypoxia.html>
- EPA. 2000b. *Latest Findings on National Air Quality: 1999 Status and Trends. Summary*. US Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards.
- Epstein, P. R., Pena, O. C., y J. B. Racedo, "Climate and Disease in Colombia," *Lancet*, No. 346, pp. 1243, 1995.
- Ervin, D.E., S.S. Batie, R. Welsh, C.L. Carpentier, J.I. Fern, N. J. Richman, y M.A. Schulz. 2000. *Transgenic Crops: An Environmental Assessment*. Arlington, VA: European Commission. 1994. *Potential Benefits of Integration of Environmental and Economic Policies*. Office for Official Publications of the European Communities by Kluwer Academic Publishers Group, Norwell, NA, USA.
- Fleming, Elizabeth H. 1999. *Exploring Linkages between Trade and Species Conservation in North America*. Traffic North America.
- Fondo Monetario Internacional (FMI), 1999. *Quarterly World Economic Outlook - October 1999*. Fondo Monetario Internacional, Washington.
- Fox, G. y J. Kidon. 2001. "Canada", Chapter 6 in *Public Concerns and Agricultural Trade: Environmental, Animal Welfare and Human Health Issues*. F. Brouwer and D.E. Ervin Eds. CABI.
- Gardner, G. 1996. 'Preserving Agricultural Resources.' In *State of the World 1996*. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society, 78-94. New York: W.W. Norton & Company.
- Gleick, P.H. (ed.). 1993. (1999) *Water in crisis: A guide to the world's water resources*. New York: Oxford University Press.

- Good, L. 1999. Speaking Notes for Mr. Leonard Good, Deputy Minister, Environment Canada, for the Second Annual Nestle Scholars Program Awards Banquet, 19 April 1999. Toronto: unpublished speaking notes.
- Gordon, D. 1995. "Regional and Global Protected Area Statistics and Information on the 1996 United Nations List of National Parks and Protected Areas." Paper read at the IUCN Commission on National Parks and Protected Areas North American Regional Meeting, 14–19 October, at Banff National Park, Alberta, Canada.
- Government of Canada. 1991. *The State of Canada's Environment*. Ottawa: Government of Canada.
- Government of the United States. 1995. *Draft Interim 1995 Indicators Report*, April.
- Guerrero, M.T., C. Reed, y B. Vegter. 2000. "The Timber Industry in Northern Mexico: Social, Economic, and Environmental Impacts." *Borderlines* 64, Vol. 8. No. 2. February 2000.
- Hall, J.P., L. Magasi, L. Carlson, K. Stolte, E. Nieba, M. de Lourdes de la I. de Bauer, C.E. Gonzalez-Vicente, y T. Hernández-Tejeda. 1996. *Health of North American Forests*. Edited by the Atmospheric Changes and Forests Study Group of the North American Forestry Commission. Ottawa: Canadian Forest Service, Science and Sustainable Development Directorate.
- Harkin, T. 1997. Animal Waste Pollution in America: An Emerging National Problem. Report Compiled by the Minority Staff of the United States Senate Committee on Agriculture, Nutrition, & Forestry for Senator Tom Harkin.
- ICOLD (International Commission on Large Dams). 1998. *World register of dams*. Paris: ICOLD
- INDUFOR. 2000. *Plan Estratégico Forestal Para Mexico 2020: Diagnostico Nacional del Sector Forestal*. INDUFOR, Helsinki, Finland.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995a. *Estadísticas del Medio Ambiente, México 1994*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI/Semarnap (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática / Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000. *Estadísticas del Medio Ambiente*. México, 1999 - Tomos I y II. INEGI/Semarnap, Aguascalientes.
- INEGI/Semarnap 1998. *Estadísticas del Medio Ambiente México, 1997: Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995–1996*. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Edited by J. T. Houghton. New York: Cambridge University Press.

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1999. *Aviation and the Global Atmosphere, 1999*. Edited by J.E.Penner, D.H.Lister, D.J.Griggs, D.J.Dokken, M.McFarland. New York: Cambridge University Press.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Edited by J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- IUCN/UNEP/WWF. *World Conservation Strategy*. IUCN, Gland, Switzerland, 1980.
- IUCN/UNEP/WWF. *Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living*. 1991.
- Jorgenson, Dale y Peter Wilcoxon, "Energy, the Environment and Economic Growth", Volume 2, MIT Press, 1998.
- Kaimowitz d. y A. Angelsen. 1998. *Economic Models of Tropical Deforestation: A Review*. 138 p. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Kelly, M., C. Reed, G. Kourous, y M. Coles-Ritchie. 1996. "Water Quality in the US-Mexico Border Region: Problems Continue Despite Increased Efforts at Assessment." *Borderlines* 44 6 (3).
<http://www.irc-online.org/bordline/1998/bl44/bl44wq.html>
- Kuznets, S., "Economic Growth and Income Inequality," *American Economic Review* No. 49, pp. 1-28, 1955.
- Life Systems Inc. 1996. *1995 Environmental Trends Update Report*: Army Environmental Policy Institute.
- Linton, J. 1997. *Beneath the Surface: The State of Water in Canada*. Ottawa: Canadian Wildlife Federation.
- Masera, O.R. 1996. *Desforestación y Degradación Forestal en México*. Michoacán, México: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada.
- Master, L.L., S.R. Flack, y B.A. Stein, eds. 1998. *Rivers of Life: Critical Watersheds for Protecting Freshwater Biodiversity*. Arlington, VA: The Nature Conservancy.
- Mathews, Emily, y Allen Hammond. 1999. *Critical Consumption Trends and Implications: Degrading Earth's Ecosystems*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Matthews et al. 2000. *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Forest Ecosystems*. Washington D.C.: World Resources Institute. p. 33.
- Mathews, Emily y Christian Ottke, 2001. *A Preliminary Analysis of Material Flows in the Forestry and Agriculture Sectors of Canada, Mexico, and the United States*. Documento para el Grupo sobre Tendencias Ambientales Críticas e Incipientes de la CCA, Montreal.
- Mueller, D.K. Helsel, D.R. (1996) *Nutrients in the Nation's Water: Too Much of a Good Thing?* Circular 1136, US Geological Survey, Washington, D.C.

- NAS (National Academy of Sciences), *Atmospheric Change and the North American Transport Sector*, Steering Committee on Atmospheric Change and the North American Transportation Sector, 1998.
- Nelson, G.C., T. Josling, D. Bullock, L. Unnevehr, M. Rosegrant, y L. Hill. 1999. "The Economics and Politics of Genetically Modified Organisms in Agriculture: Implications for the WTO." 2000. *Bulletin* 809. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Nilsson S. *et al.* 1999. *How Sustainable are North American Wood Supplies?* Interim Report IR-99-003/January. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis. pp.8-9.
- Noss, R.F. y Harris, L.D., "Nodes, networks and MUMs: preserving diversity at all scales," *Environmental Management*, Vol. 10, pp. 299-309, 1986.
- NRCan (Natural Resources Canada). 1998. *The State of Canada's Forests: The Peoples' Forests, 1997-1998*. Ottawa: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1995a. *OECD Environmental Data: Compendium*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París.
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), 1995b. *Environmental Performance Reviews: Canada*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1996. *Environmental Performance Reviews: United States*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1997. *OECD Environmental Data: Compendium 1997*. Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1998. *Environmental Performance Reviews: Mexico*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1999, *Future Water Resources: Towards a Demand-Side Solution?* Highlight of the OECD Information Base, International Futures Program, No.16, March 1999. <http://www.oecd.org/sge/au/highlight16.html>
- Organización Mundial del Comercio, 2000. *International Trade Statistics*. http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/stats2000_e.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS) 1996. *The World Health Report 1996: Fighting Disease, Fostering Development*. OMS, Ginebra, Suiza.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1997a. *State of the World's Forests*. Oxford: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1997b. *The Role of Wood Energy in Europe and OECD*. Forestry Department: Wood Energy Today for Tomorrow, Regional Studies. Working Paper FOPW/97/1. Roma: FAO. p.11.
- Patterson, Zachary. 2001. *The Effects of the Late 1990's Oil Price Shock on Transportation and Energy Use Demand in Canada – A cursory Analysis*. Research paper prepared for the Transportation and Energy Use Division - Natural Resources Canada, Ottawa.
- Pinstrup-Andersen, P., R. Pandya-Lorch, y M. W. Rosegrant. 1997. *The world food situation: Recent developments, emerging issues, and long-term prospects*. Food Policy Report. Washington, D.C.: IFPRI.
- Pinstrup-Andersen, P., R. Pandya-Lorch, y M. W. Rosegrant. 1999. *World food prospects: Critical issues for the early twenty-first century*. Food Policy Report. Washington, DC: IFPRI.
- Postel, Sandra. 2000. Redesigning Irrigated Agriculture. In *State of the World 2000*, a Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society, edited by L. Starke. New York: W.W. Norton & Company.
- Postel, Sandra. 1989. *Water for Agriculture: Facing the Limits*. Worldwatch Institute Paper #93. Washington, DC.
- Powell, Alan A. and Richard H. Snape. 1992. *The Contribution of Applied General Equilibrium Analysis to Policy Reform in Australia*. Versión revisada del discurso presentado en el Annual Meeting of the International Agricultural Trade Research Consortium, diciembre 12-14, 1991.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1993. *Environmental Data Report 1993-94*. Oxford: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Blackwell Publishers.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), NASA (US National Aeronautics and Space Administration), y Banco Mundial. 1998. *Protecting Our Planet-Securing Our Future*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, US National Aeronautics and Space Administration y Banco Mundial.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1998. *Policy Effectiveness and Multilateral Environmental Agreements*, Geneva.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1999a. *Global Environment Outlook 2000*. Nairobi: Earthscan Publications Ltd.
- A nombre del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. World Bank. 1998. Draft Report. *World Development Report 1998/99: Knowledge for Development*. July 1998.

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1999b. *Emerging Environmental Problems*. URL: <http://www.unep.ch/earthw/Emergin.htm>: UN System-wide Earthwatch Web Site.
- Redefining Progress. 1999. Footprint of Nations Ranking List (1995 data). URL: http://www.rprogress.org/resources/nip/ef/ef_nations-table_hectares.html: Redefining Progress.
- Roper, J., and R. Roberts. 1999. *Forestry Issues: Deforestation, Tropical Forests in Decline*. <http://www.rcfa-cfan.org/english/issues.12.html>: CIDA Forestry Advisers Network.
- Rosegrant, M. W., M. Agcaoili-Sombilla, y N. D. Perez. 1995. *Global food projections to 2020: Implications for investment*. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 5. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Rosegrant M.W. and X. Cai. 2000. *Modeling Water Availability and Food Security - A Global Perspective: The IMPACT-Water Model*. International Food Policy Research Institute, Washington D.C. Noviembre de 2000.
- Rosenzweig, C., y M.L. Parry 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367, 133-138.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), 1997. *Programa Nacional de Restauración y Conservación de Suelos*. México, DF: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Comisión Nacional del Agua.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), 1995. *Programa Forestal y de Suelo 1995-2000*. México, D.F.
- Segura, G. 1996. *The State of Mexico's Forest Resources: Management and Conservation Opportunities for Cooperation in North America*. Informe inédito, Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), Montreal.
- Simmons, Craig, Lewis Kevin, y John Barrett. 2000. "Two Feet—Two Approaches: A Component-based Model of Ecological Footprinting." *Ecological Economics*, 32:375-80.
- Skumanich, Marina, y Michelle Silbernagel. 1997. *Foresighting Around the World: A Review of Seven Best-In-Kind Programs*. <http://www.seattle.battelle.org/SERVICES/E&S/foresite/index.htm>. Office of Energy Research, U.S. Department of Energy.
- Smith et al. 2000. *Canada's Forests at a Crossroads: An Assessment in the Year 2000*. Global Forest Watch Canada Report. Washington DC: World Resources Institute.
- Solley, W.B., R.R. Pierce, y H.A. Perlman. 1998. *Estimated Use of Water in the United States in 1995*. Denver CO: US Department of the Interior, US Geologic Survey.

- Statistics Canada. 1999. *Motor Vehicle Registrations*.
<http://www.statcan.ca/english/Pgdb/Economy/Communications/trade11.htm>.
- Statistics Canada. 2000. *Human Activity and the Environment 2000*. Statistics Canada, Ottawa.
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D`Antonio, A. Dobson, r. Howarth, D. Schindler, W. H. Schlesinger, D. Simberloff, y D. Swackhamer 2001. "Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change." *Science* (292 April): 281-284.
- TNRCC (Texas Natural Resource Conservation Commission). 1994. *Regional Assessment of Water Quality in the Rio Grande Basin: including the Pecos River, the Devils River, the Arroyo Colorado and the Lower Laguna Madre*. Austin: Texas Natural Resource Conservation Commission, Watershed Management Division.
- Trimble S.W. y P. Crosson. 2000. "U.S. Soil Erosion Rates – Myth and Reality". *Science*, Vol. 289, 14 de julio, 2000. pp.248-250.
- Tuxill, J. 1999. "Appreciating the Benefits of Plant Biodiversity." In *State of the World 1999*. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society, editado por L. Starke, 98-114. New York: W.W. Norton & Company.
- U.K. Department of the Environment. *City Challenge: Partnerships Regenerating England's Urban Areas*. Londres, 1994.
- Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN). 1998. 1997 *United Nations List of Protected Areas*: World Conservation Monitoring Centre/ IUCN World Commission on Protected Areas.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1997. *Agricultural Resources and Environmental Indicators, 1996-1997*. USDA, Washington.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1996. *America's Forests: 1996 Health Update*. Washington, DC: US Department of Agriculture, Forest Service.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1992. State of the Land— Home Page. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/glance.html>
- USGS (United States Geological Survey). 1998. *Estimated Use of Water in the United States in 1995*. USGS Circular 1200.
- USGS (United States Geological Survey). 2000. *Non-Indigenous Species*. Accessed at <http://biology.usgs.gov/s+t/SNT/noframe/ns112.htm> 15 de noviembre de 2000.
- Wackernagel, Mathis. 1999. *What We Use and What We Have: Ecological Footprint and Ecological Capacity*. San Francisco: Redefining Progress.

- White, R., and D. Etkin. 1997. "Climate Change, Extreme Events and the Canadian Insurance Industry." *Journal of Natural Hazards* 16 (23): 135.
- Wiken, E.B., H. Moore, C. Rubec, y R. Beric. 1998. *Conservation of Wetland Ecosystems in Canada*. Ottawa: Canadian Council on Ecological Areas (CCEA).
- World Resources Institute. 1998. *World Resources Report 1998-99*. Washington D.C.: WRI. P.165.
- WRI, UNEP, UNDP, y The World Bank. 1996. *World Resources 1996-97, A Guide to the Global Environment: The Urban Environment*. New York: Oxford University Press.
- WRI, UNEP, UNDP, y The World Bank. 1998. *World Resources 1998-99, A Guide to the Global Environment: Environmental Change and Human Health*. New York: World Resources Institute, United Nations Environment Program, United Nations Development Program, The World Bank.
- WRI (World Resources Institute). 2000. *World Resources 2000-2001: People and Ecosystems – The Fraying Web of Life*. World Resources Institute, Washington.
- Worldwatch Institute, Vital Signs 1998: *The Environmental Trends that are Shaping our Future*. (Eds.) Brown, L.R., Renner, M., Flavin, C. W.W. Norton & Company, New York, London, 1998.