



# La extracción y consumo de biomasa en México (1970-2003): integrando la leña en la contabilidad de flujos de materiales

Ana Citlalic González Martínez

Departament d'Economia i d'Història Econòmica, Universitat Autònoma de Barcelona, España

[anacitlalic.gonzalez@uab.es](mailto:anacitlalic.gonzalez@uab.es)

Fecha de recepción: 21/08/2006. Fecha de aceptación: 14/03/2007

## Resumen

La contabilidad de flujos de materiales (MFA por sus siglas en inglés) es un marco analítico que permite explicar cómo se constituye la base material de las economías. Contabilizando los materiales que entran y salen en el sistema económico, esta metodología permite obtener indicadores físicos compatibles con las cuentas nacionales que dan cuenta del impacto ambiental de una economía.

El presente documento tiene dos objetivos. Por una parte, analiza la evolución de la extracción y consumo de biomasa en la economía mexicana en el periodo 1970-2003 usando los indicadores físicos MFA, identificando los determinantes de dicha evolución. Durante este periodo la economía mexicana ha sufrido importantes transformaciones y cambios estructurales; de ser una economía muy protegida y con una fuerte intervención del Estado en los años setenta, se ha convertido en una de las economías más abiertas y liberales del mundo. Tal proceso, como da cuenta el análisis, ha afectado la evolución de las actividades relacionadas con la extracción de biomasa en el país. Por otra parte, este documento discute la importancia de contabilizar las actividades orientadas a la subsistencia, como la extracción de leña, que constituyen un flujo de biomasa importante que generalmente no se contabiliza en las cuentas de flujos de materiales al no ser registradas en las estadísticas nacionales. Asimismo, se calcula la extracción directa de leña en México para el año 2002 a partir de los datos obtenidos en la Encuesta Nacional de Hogares Rurales Mexicanos (ENHRUM), complementando así las cuentas de flujos de materiales para ese año.

**Palabras clave:** Contabilidad de Flujo de Materiales (MFA), México, actividades subsistencia, biomasa, extracción de leña.

## Abstract

Material Flow Accounting (MFA) is an analytical framework that examines the material base of the economies. Indicators on the physical dimension of the economy can be obtained by accounting the material coming into and leaving a socioeconomic system. Thus, MFA can be useful to measure the physical impact of an economy on the surrounding environment.

This paper is twofold. On the one hand, it analyses the evolution of the biomass extraction and consumption in Mexico in the last thirty years by means of the MFA main indicators, underlying the main determinants of such evolution. On the other hand, it focuses on the biomass flows resulting from subsistence activities in Mexico, mainly on woodfuel extraction. Since the natural resources extracted for subsistence purposes are not sold and bought in markets, they are not thoroughly registered in the National Accounts and therefore omitted in the MFA. A total amount of biomass extracted directly by rural households was calculated for 2002 based on information provided by ENHRUM. It is shown then how the biophysical picture of an economy such as the Mexican one can change when information on subsistence activities is incorporated into the analysis.

**Key words:** Material Flow Accounting (MFA), Mexico, subsistence activities, biomass, woodfuel.

## Introducción

El término biomasa se define como el conjunto de materia orgánica que conforma un ecosistema presente en los organismos vivos o muertos o segregados por ellos, pero en ningún caso fósil (Garcidueñas 1987). La

biomasa desempeña un papel fundamental en el metabolismo de las sociedades como proveedora de alimento para sostener a la población y por lo tanto es el flujo de materiales más importante de todos los flujos socioeconómicos (Weisz et al. 2006).



Simplemente sin la existencia de la biomasa las sociedades no podrían existir por lo que es un flujo insustituible. Ejemplos de actividades económicas basadas en la extracción de biomasa son la agricultura, la producción de alimento para ganado, la explotación forestal, la caza y la pesca.

Ciertas formas de extracción de biomasa tienen consecuencias importantes en el medio ambiente. En particular, la agricultura moderna, que además de ser la actividad humana que más compete con otras especies por la ocupación de espacio (Haberl et al. 2004), degrada los recursos naturales de los que depende, como el suelo, el agua y la diversidad genética, además de que crea una fuerte dependencia de los energéticos fósiles (Gliessman 1998:3). Las prácticas más generalizadas de la agricultura moderna —los monocultivos, la irrigación, el uso de fertilizantes inorgánicos, el control de plagas con pesticidas químicos y la manipulación genética de plantas— han minado la biodiversidad de esos ecosistemas, disminuyendo su capacidad para llevar a cabo servicios ambientales vitales más allá de la sola producción de alimentos. Ejemplos de tales servicios son: el reciclaje de nutrientes, la regulación del microclima y de los procesos hidrológicos, la regulación de organismos indeseables y la detoxificación de químicos nocivos (Altieri 1999:19). La única manera de mantener la producción agrícola cuando estos servicios se pierden debido a dicha *simplificación biológica* es usando cada vez más inputs externos (p.ej. nutrientes artificiales y pesticidas) lo cual implica crecientes costos ambientales y económicos. En México, cerca de 15 millones de hectáreas se destinaron a la agricultura en el año agrícola 2006 lo que representa el 8% del territorio nacional. De esta cantidad de tierra que se destina a la agricultura, 4 millones (25%) corresponden a agricultura de riego (SAGARPA 2006b).

El presente documento tiene dos objetivos. Por una parte, analiza la evolución de la extracción y consumo de biomasa en la economía mexicana en el periodo 1970-2003, usando los indicadores físicos de la metodología de flujos de materiales (MFA)

identificando los determinantes de dicha evolución. Durante este periodo, la economía mexicana ha sufrido importantes transformaciones y cambios estructurales; ha pasado de ser una economía muy protegida y con una fuerte intervención del Estado en los años setenta, se ha convertido hoy en día en una de las economías más abiertas y liberales del mundo. Esto sin duda ha afectado la evolución de las actividades relacionadas con la extracción de biomasa en el país. Así, por otra parte, este documento discute la importancia de contabilizar las actividades orientadas a la subsistencia, como la extracción de leña, que constituyen un flujo de biomasa importante que generalmente no se contabiliza en las cuentas de flujos de materiales porque no son registradas en las estadísticas nacionales.

Con este fin, este documento está organizado de la siguiente manera. En el primer apartado se provee una breve explicación de la metodología de flujos de materiales (MFA) en donde se describen los principales indicadores biofísicos que se obtienen con esta metodología. En el segundo apartado se analiza la evolución de la extracción y consumo de biomasa en las últimas tres décadas a partir de los indicadores biofísicos obtenidos para México, discutiendo los factores que determinan esta evolución. En un tercer apartado se analiza la importancia socioeconómica de aquellos flujos de biomasa que generalmente no se registran en los mercados, no forman parte de las estadísticas nacionales y, por lo tanto, generalmente se omiten en la contabilidad de flujos de materiales, como es el caso de la leña extraída de manera directa. Finalmente, en un cuarto apartado, se calcula la extracción directa de leña en México para el año 2002 a partir de los datos obtenidos en la Encuesta Nacional de Hogares Rurales Mexicanos (ENHRUM), complementando así las cuentas de flujos de materiales para ese año. En el último apartado se presentan algunas conclusiones.

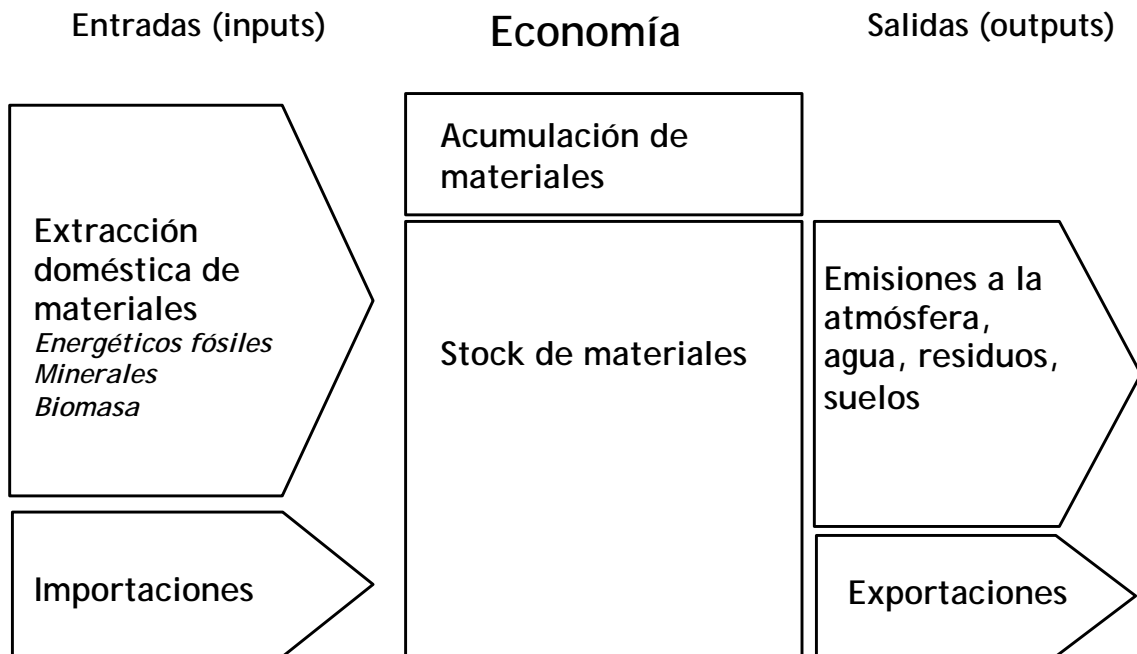


## 1) La contabilidad de flujos de materiales

La contabilidad de flujos de materiales es un marco analítico que permite analizar cómo se constituye la base material de las economías. Contabilizando los materiales que entran y salen en el sistema económico, esta

metodología permite obtener indicadores sobre la dimensión física de una economía (véase figura 1), complementando así el sistema de cuentas nacionales.

Figura 1. Los flujos de materiales en las economías



Fuente: Adaptado de EUROSTAT (2000)

Todos los materiales —biológicos, minerales y energéticos— que usa una economía se contabilizan en esta metodología exceptuando agua y aire. La razón por la que se omiten estos flujos es porque en las economías modernas estos representan una enorme masa, de un orden de magnitud mayor que el resto de los materiales por lo que se sugiere construir una contabilidad aparte.

Los flujos de materiales y de energía de una economía son indicadores indirectos del impacto ambiental de una economía. Éstos nos permiten dilucidar hasta qué punto esa economía es compatible con el sistema natural que la mantiene.

La base conceptual de la contabilidad de flujos de materiales es el *metabolismo social* (Fischer-Kowalski 1998, 1999), que concibe a las economías modernas como organismos vivos que toman del medio ambiente materiales y energía para alimentarse y

crecer, y que expulsan hacia el medio ambiente esos materiales una vez aprovechados en una forma distinta o alterada a como los recibieron. En consecuencia, esta visión reconoce la naturaleza de las economías como sistemas abiertos (Kapp 1976) que están indefectiblemente conectados con el medio ambiente que las circunda y con otros sistemas económicos mediante flujos de materiales y energía, produciéndose entonces una influencia continua y mutua entre el proceso económico y el medio ambiente. De esta manera, se va más allá del análisis tradicional que separa a la economía del medio ambiente que la envuelve e integra en su entorno biofísico para analizar su *coevolución*<sup>1</sup> (Naredo 2006). En este marco analítico los residuos y daños ambientales no

1. Lo mismo puede ser una economía, una ciudad o un sistema industrial. El objetivo es analizar cada uno de estos sistemas como "parte integrante de la biosfera" (Naredo 2006:15).



son tratados como *externalidades* del sistema sino como resultado de su funcionamiento normal, ya que se reconoce que si bien cierta cantidad de los materiales que entran al sistema se acumulan en éste, hay otros que de alguna manera deben salir ya sea como productos, residuos, emisiones disipadas o contaminación.

Así, las dos primeras leyes de la termodinámica son fundamentales en este marco analítico. La primera, «*la materia y la energía no se crean ni se destruyen sólo se transforman*», garantiza un balance de materiales en la economía. Es decir, todos los materiales que entran en una economía se acumulan en ella o salen de ésta, ya sea en forma de bienes que se exportan a otros sistemas económicos o bien como residuos y/o energía. El sistema económico no crea ni destruye materia, sólo la modifica creando utilidad<sup>2</sup>. De esta manera se reconocen los límites o las restricciones físicas que impone el medio ambiente a la expansión de las economías nacionales.

La segunda ley de la termodinámica, o ley de la Entropía, también es pilar importante en esta visión de los sistemas económicos al señalar el carácter finito de los recursos naturales y, en general, de los materiales que se utilizan en el sistema económico. Dicha ley establece «*que la energía se transforma siempre de energía disponible —para el aprovechamiento humano— en energía no disponible o disipada y nunca viceversa*» (Georgescu-Roegen 1976:65). Una vez que la energía se utiliza en el sistema económico no es posible volver a utilizarla. Este principio también aplica a la materia. En este sentido se dice que es imposible producir un bien sin generar a continuación un residuo equivalente en forma de materia y energía degradadas (Carpintero 2005). En términos generales podemos decir que lo que entra al proceso económico son «*recursos naturales valiosos y que lo que sale es un desecho sin valor*» (Georgescu-Roegen 1977:307).

2. Parafraseando a Alfred Marshall: «el hombre no puede crear ni materia ni energía. El hombre... sólo puede crear utilidades» (Marshall 1924 en: Georgescu-Roegen 1977)

## 2) Principales indicadores MFA

De manera similar a las cuentas nacionales monetarias, en la contabilidad de flujos de materiales se pueden obtener indicadores agregados a nivel nacional a partir del conjunto total de materiales —que se constituye de cientos y cientos de categorías de materiales— que se usan en una economía. Existe una metodología común para estimar los flujos directos de materiales publicada por EUROSTAT (2000).

A continuación se describen los indicadores básicos de las entradas de materiales (input) en un sistema que se obtienen a partir de esta contabilidad y que se han estimado para México. Es importante mencionar que sólo se han obtenido los indicadores que contabilizan los *flujos directos*, es decir, los materiales que entran en la economía para ser utilizados en las fases de producción y consumo y que poseen un valor económico. Al contabilizar sólo estos flujos se excluyen los *flujos ocultos*, p.ej., aquellos materiales removidos y extraídos para la obtención de los materiales con valor económico.

Los materiales son clasificados por su origen en *extracción doméstica e importaciones*. A su vez, los materiales de origen doméstico se clasifican en tres grandes grupos de materiales: energéticos fósiles, minerales y biomasa (EUROSTAT 2000:27). En este documento sólo analizaremos la biomasa. El indicador más básico de entrada de materiales es la *extracción doméstica* (ED) que contabiliza la cantidad anual de materias primas que se extraen en el territorio nacional para que sean usados en el proceso económico. Sumando la extracción doméstica y las importaciones físicas (M) se obtiene el *input doméstico de materiales* (IDM) que mide todos los insumos (inputs) que entran en una economía y que tienen un valor económico.

$$\text{IDM} = \text{ED} + \text{M}$$

Un tercer indicador es el *consumo doméstico de materiales* (CDM), que representa el consumo directo de materiales de una economía. Se obtiene sumando la extracción doméstica más las importaciones físicas



menos las exportaciones físicas. Conceptualmente este indicador puede considerarse como un equivalente del PIB en términos físicos.

$$\text{CDM} = \text{IDM} - X$$

El *balance del comercio internacional en términos físicos* (BCF) se obtiene restando a las importaciones las exportaciones, ambas en términos físicos. Es el inverso de la definición de balance de comercio en términos monetarios: reconoce que en las economías el flujo de dinero y el flujo de bienes se mueven en dirección opuesta (EUROSTAT 2000:38). Así, un balance positivo de comercio físico indica importaciones netas de materiales.

$$\text{BCF} = \text{M} - X$$

Para obtener datos comparables y consistentes, es necesario delimitar las fronteras o límites de la economía que se estudia. MFA analiza, por una parte, los flujos entre el sistema socioeconómico y el medio ambiente que lo circunda, y por otra, los flujos entre el sistema y otros sistemas económicos. Los flujos e intercambios materiales dentro del sistema mismo quedan excluidos del análisis. De acuerdo con la guía metodológica

(EUROSTAT 2000) los límites del sistema se definen de la siguiente manera:

1. Por la extracción de materias primas dentro del territorio nacional y la descarga de materiales de desecho o contaminantes a éste;
2. Por los límites administrativos que determinan los flujos de materiales que son nacionales y los que vienen del resto del mundo (importaciones y exportaciones).

Por otra parte, en este marco metodológico los cultivos agrícolas se consideran como parte de un sistema natural que provee el sustento al organismo social, y en consecuencia se contabilizan como materiales que ingresan al sistema económico. Por el contrario, el inventario ganadero de un país se considera parte del sistema socioeconómico y por consiguiente no se contabiliza. Sin embargo, la pastura y los cultivos que provee el sistema natural para la alimentación del ganado sí se incluyen en la contabilidad.

A continuación se describen las subcategorías que constituyen la *biomasa* en esta metodología así como las fuentes de información para México (véase tabla 1).

Tabla 1. Subcategorías que constituyen la biomasa y sus fuentes de información para México

Subcategorías	Descripción	Fuentes
Cultivos para el consumo humano	Es la biomasa obtenida a partir de la agricultura y que se destina al consumo humano. En las importaciones y las exportaciones comprenden todos los productos agrícolas, incluidos los productos finales obtenidos de plantas y cultivos agrícolas.	Bases de datos de agricultura: SAGARPA 2006b; FAO 2006a; INEGI 1999.
Alimentos para animales	Es la biomasa obtenida en pastizales permanentes más los subproductos obtenidos a partir de los cultivos agrícolas (forrajes), más los cultivos destinados a alimentar animales (p.ej. alfalfa). En el caso de las importaciones y las exportaciones, se consideran todos los productos finales y semimanufacturados que sean destinados como alimento para animales.	Para los cultivos agrícolas se usaron las bases de datos INEGI 1999, SAGARPA 2006b y FAO 2006a. Los subproductos se estimaron a partir de los cultivos agrícolas cuyos residuos se aprovechan para forraje por lo que las fuentes son las mencionadas anteriormente. Finalmente, la cantidad de pastura obtenida en pastizales permanentes se obtuvo utilizando los <i>coeficientes de agostadero</i> de la COTECOCA 1987.
Animales	Contabiliza los animales que se obtienen de la caza y pesca y que se destinan al consumo humano. En las importaciones y exportaciones, se contabilizan los animales vivos y todos los productos de origen animal.	Estadísticas de producción pesquera de INEGI, 1999; Presidencia de la República 2005.
Madera	Toda la madera que se extrae para la producción industrial así como la madera que se usa como combustible. En el caso de las importaciones y exportaciones, se incluye la madera en rollo, los productos forestales, papel, corcho y todos los productos que se constituyen principalmente de madera como los instrumentos musicales.	Estadísticas forestales de INEGI 1999; Presidencia de la República 2005.



Biomasa no comestible	Fibras y otros productos no maderables, tales como: rizomas y plantas silvestres medicinales. En las importaciones y exportaciones se suman todos los productos de fibras como telas de algodón, cestos de yute, henequén y otros así como productos como fertilizantes naturales.	INEGI 1999; Presidencia de la República 2005 y bases de datos de agricultura: SAGARPA 2006b; FAO 2006a; INEGI 1999.
-----------------------	---	---

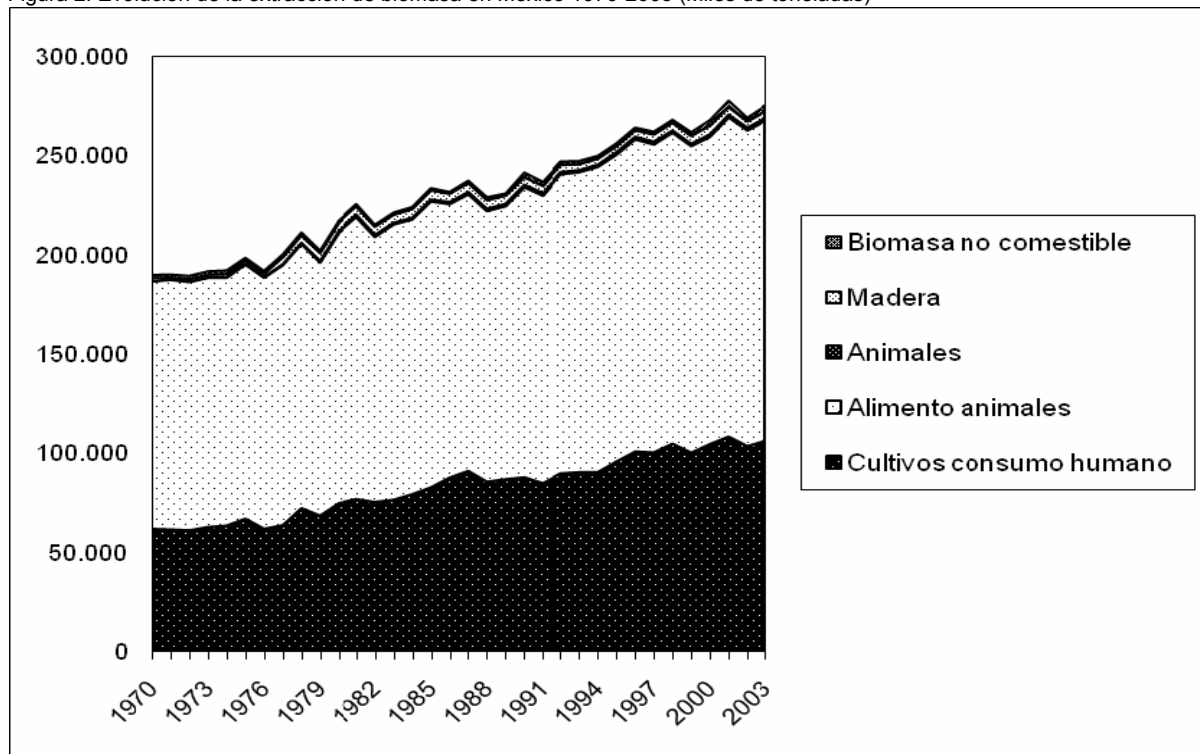
Nota: Para mayor información sobre el cálculo de los indicadores MFA para México y las fuentes de información ver: González (2007).  
Fuente: Adaptado de Weisz et al. 2006. Para las importaciones y exportaciones las fuentes de información son SPP 1971; SPP 1973; SPP 1975; INEGI 1998; BANCOMEXT 2002; BANCOMEXT 2004

### 3) El consumo y extracción de biomasa en México (1970-2003)

La extracción total de biomasa en México ha crecido 46% en el periodo de análisis. Mientras que en 1970 se obtuvieron 170 millones de toneladas, en el 2003 se extrajeron 276 millones de toneladas, siendo la producción de alimento para ganado la principal fuente de biomasa (véase figura 2). Este flujo representó en promedio el 62% de la producción total durante este periodo. El segundo flujo de biomasa más importante es

la producción de alimento para el consumo humano cuya participación promedio fue de 36%. Ambos, el alimento para ganado y la producción para el consumo humano, constituyeron en promedio el 98% del total de biomasa extraída en el país. Considerando lo anterior, los tres flujos de biomasa restantes representan sólo el 3% del total. Estos son, en orden de importancia: la madera (1,3%), la biomasa no comestible (1,3%) y la biomasa animal que se compone de la pesca (0,4%).

Figura 2. Evolución de la extracción de biomasa en México 1970-2003 (Miles de toneladas)



Fuente: Elaboración propia

Cuando sumamos las importaciones a la extracción doméstica obtenemos el input doméstico de materiales (IDM) que contabiliza todos los materiales con valor económico que entran en la economía. Se observa que el IDM pasó de 192 a 366 millones de toneladas, registrando una tasa

de crecimiento del 67%. Como puede observarse en la figura 3, tanto la ED como las importaciones han crecido considerablemente.

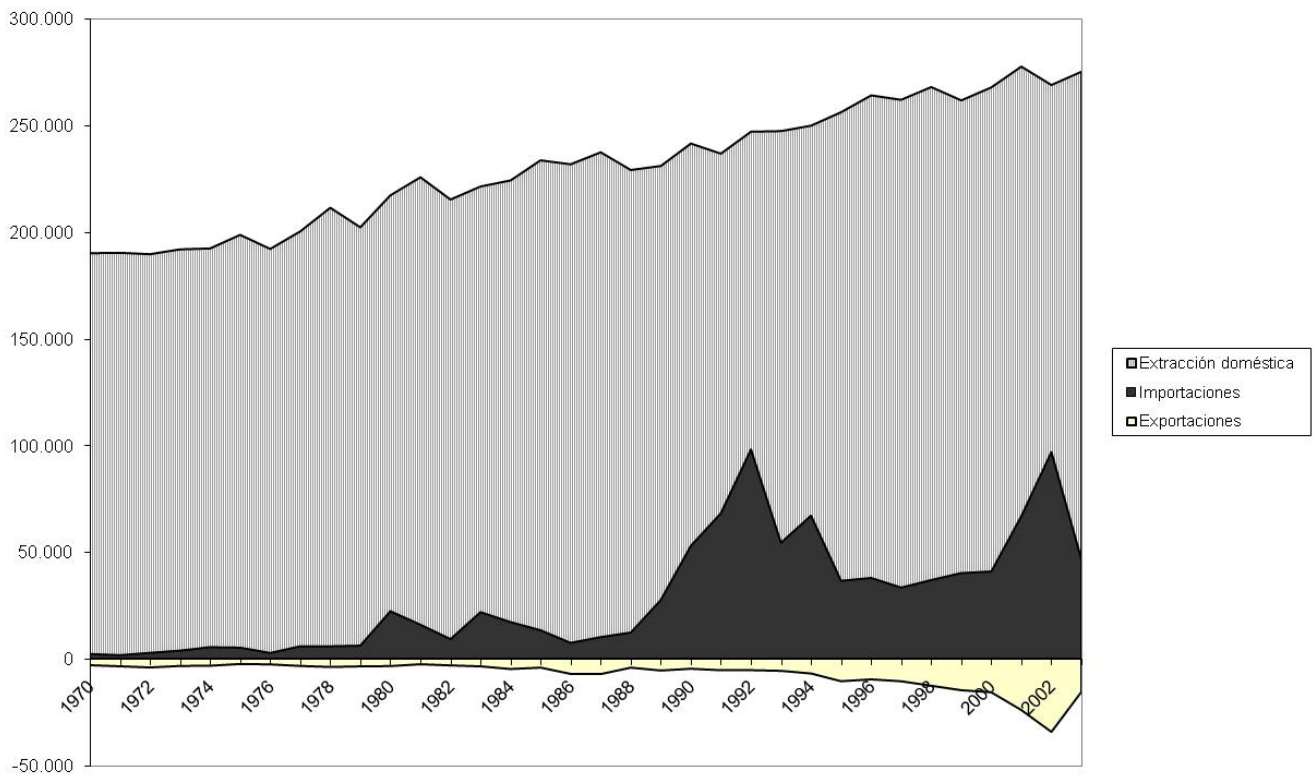


Por otra parte, el consumo doméstico de materiales (CMD), que se obtiene restando las exportaciones al IDM y que expresa la cantidad que esa economía consume de manera directa, registra una tasa de crecimiento del 72%, lo que significa que ha crecido aún más que el IDM. Esto se debe a que las exportaciones han presentado un crecimiento modesto comparado con el fuerte dinamismo de las importaciones. Durante

este periodo las exportaciones sólo crecieron 5 veces, pasando de 3 millones a 15 millones de toneladas, mientras que las importaciones crecieron 20 veces. Por su parte la ED creció sólo 1,5 veces durante el periodo.

Así, dado el importante crecimiento de las importaciones, éstas pasaron a constituir 15% del IDM en 2003, frente a un reducido 2% que representaban en el IDM de 1970.

Figura 3. Evolución de la extracción doméstica (ED), exportaciones e importaciones físicas en México 1970-2003 (Miles de toneladas)



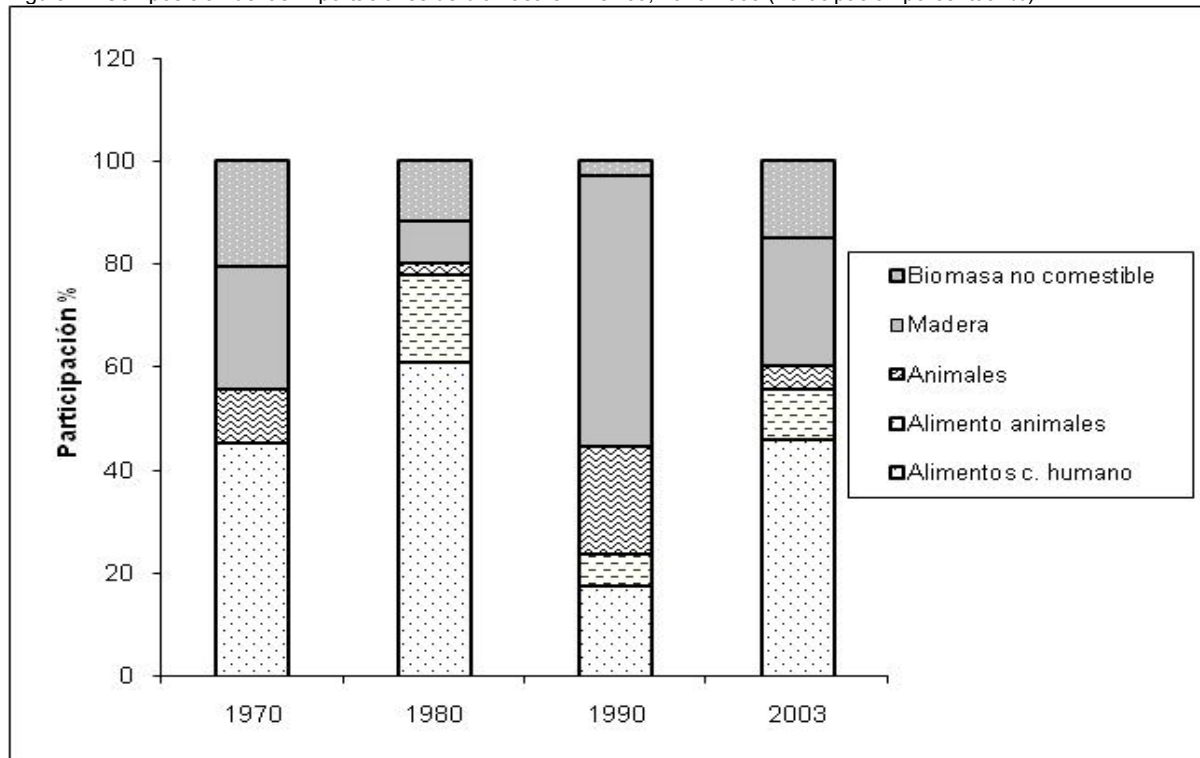
Nota: Las exportaciones se han graficado como negativas porque son flujos de materiales que van hacia el exterior del sistema económico y en la metodología MFA se contabilizan como una pérdida. Fuente: Elaboración propia

Analizando en detalle la composición de las importaciones durante este periodo se observan fuertes variaciones (véase figura 4). Sin embargo, las importaciones de alimentos predominan como el flujo de importaciones de biomasa más importante. A excepción del año 1990, las importaciones de alimentos, sean estas materias primas o productos agrícolas con valor agregado, representaron hasta el 60% del total de biomasa importada,

tal como sucede en el año 1980. Después, el segundo flujo más importante ha sido la madera, que en 1990 llegó a constituir hasta el 50% del total importado. En tercer lugar la biomasa no comestible, que ocupa el 15% y que se constituye principalmente de fibras y sus productos. Los animales, a pesar de que presentan una tasa de crecimiento del 45%, representan sólo el 5% del total de las importaciones de biomasa.



Figura. 4. Composición de las importaciones de biomasa en México, 1970-2003 (Participación porcentual %)



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el balance de comercio internacional en términos físicos ha sido predominantemente positivo en estos treinta años, lo que significa que México ha sido un importador neto de biomasa, a excepción de los primeros tres años de la década de los setenta donde se observa un saldo negativo.

Si bien en términos absolutos se observa un crecimiento de la extracción y consumo de materia orgánica en México, en términos relativos la tendencia ha sido la inversa: la extracción, principalmente, y el consumo han disminuido. En el caso de la extracción de biomasa per cápita se observa un fuerte descenso de 4 ton/cápita en 1970 a 2,6 ton/cápita en el 2004 (véase figura 5), lo que significa que la población ha crecido más rápidamente que la producción de biomasa en el país. Llama la atención que mientras que la extracción de alimento para ganado se ha mantenido con pocas variaciones —ha pasado de 1,3 ton/cápita a 1 ton/cápita—, así como la madera, los animales y la biomasa no comestible, la producción de alimentos para el consumo humano ha descendido de manera importante de 2,6 a 1,5 ton/cápita.

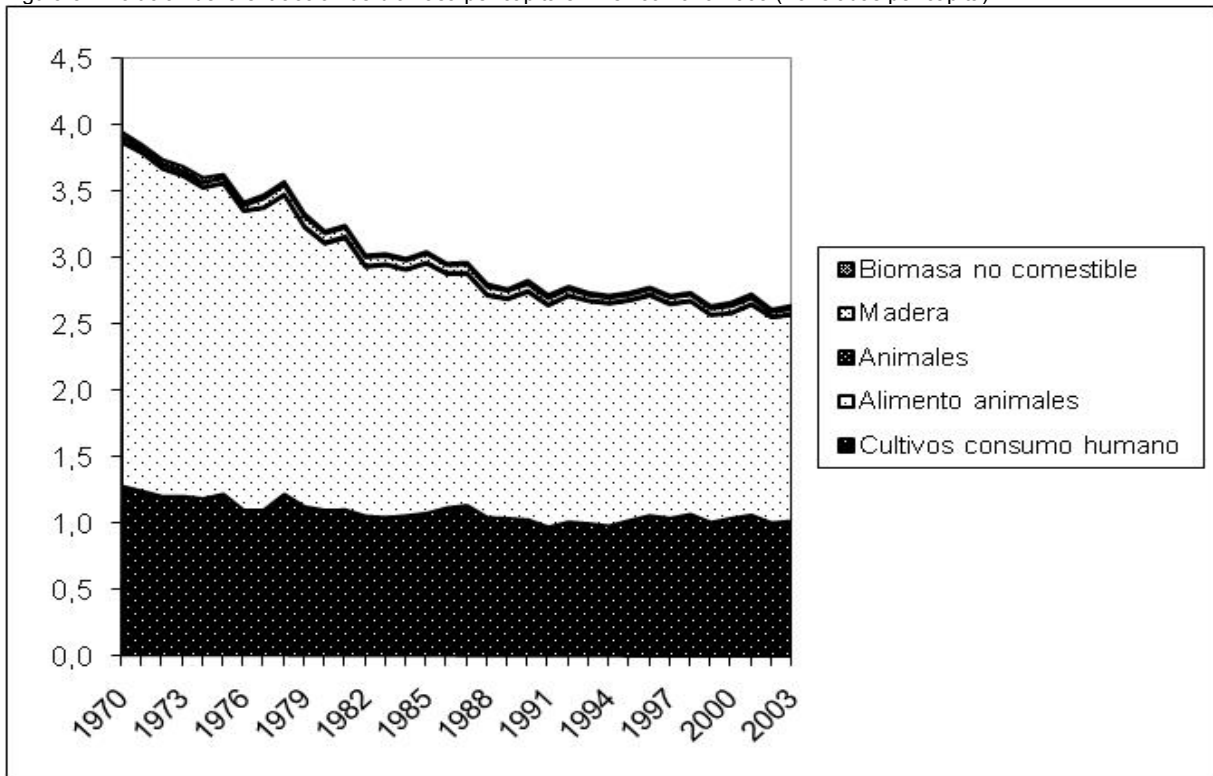
Por otra parte, el input doméstico de materiales (IDM) desciende de 4 a 3,1 ton/cápita, mientras que el consumo doméstico se redujo de 4 ton/cápita a 3 ton/cápita. Ahora bien, para efectos de comparación, el consumo de biomasa per cápita en la Unión Europea es de 4 ton/cápita en promedio actualmente (EUROSTAT 2002), por lo que el consumo de México está por debajo de los niveles europeos.

Se observa entonces que la extracción doméstica per cápita ha caído más que el consumo doméstico per cápita durante el periodo. Esto se debe precisamente a que las importaciones tanto en términos absolutos como per cápita presentan un crecimiento importante. Como ya se ha mencionado, gracias al dinamismo de las importaciones, la extracción doméstica ha disminuido su participación en el consumo doméstico de biomasa. Esto es todavía más evidente al calcular la relación DE/CMD, que expresa la dependencia de recursos domésticos o la autosuficiencia, que ha pasado de 0,97 en 1970 a 0,61 en 2003.





Figura 5. Evolución de la extracción de biomasa per cápita en México 1970-2003 (Toneladas per cápita)



Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, ¿cuáles son los factores que han determinado esta evolución? Se sugiere que el nivel de biomasa per cápita que una economía usa depende de varios factores, entre los más importantes según Weisz et al. (2006) se encuentran:

1. *La disponibilidad de tierra disponible per cápita.* Es de esperarse que la cantidad de biomasa disponible depende del área geográfica de un país; en consecuencia, está muy relacionada con la densidad de población. México tiene una densidad de 25,7 hab/km<sup>2</sup> actualmente, es una densidad baja si consideramos que la densidad promedio en la Unión Europea es de 116,2 (Weisz et al. 2006). Las grandes extensiones de pastizales permanentes garantizan una alta oferta de biomasa, aproximadamente 80 millones de hectáreas (SEMARNAT 2006).
2. *Las técnicas disponibles para incrementar la productividad agrícola.* La cosecha de biomasa y especialmente la de cultivos está determinada por una serie de condiciones climáticas así como por factores tecnológicos. En México las

condiciones climáticas son muy variables, desde zonas desérticas con grandes limitaciones de agua hasta zonas tropicales con altos niveles pluviales. Asimismo, la productividad agrícola varía mucho en función de la zona. En estados como Zacatecas y Oaxaca, la tecnificación de la producción agrícola es poca o nula mientras que en zonas como el Bajío, la producción es más tecnificada. Según cálculos propios a partir de datos de la SAGARPA (2006b), sólo el 25% de la extensión de tierra dedicada a la agricultura corresponde a agricultura de riego, por lo que la producción de alimentos está poco tecnificada y depende principalmente de las condiciones climáticas.

3. *El inventario ganadero de un país.* En los quince países que componen la Unión Europea se ha encontrado que ahí donde predominan las actividades de engorda y cría de ganado, los niveles de extracción de biomasa son altos (Weisz et al. 2006). El consumo de biomasa en este tipo de actividades es muy intenso. Por ejemplo, una unidad de masa de productos



animales (leche o carne) está asociada a 10 unidades de materias primas. Se estima que en México la demanda de insumos alimenticios para la ganadería es de más de 18 millones de toneladas de granos forrajeros y de 4 millones de toneladas de pastas oleaginosas (SAGARPA 2006a).

4. *El volumen físico del comercio internacional asociado a productos hechos con biomasa.* Como ya se ha mencionado, a partir de 1974 México registra importaciones netas de biomasa, pasando de un valor de 0,01 ton/cápita a 0,6 ton/cápita en el 2003. Dicho incremento es importante. Por otra parte, las crecientes importaciones de biomasa se componen principalmente de más materias primas que de productos con un alto valor agregado. De acuerdo con la hipótesis del *comercio internacional ecológicamente desigual* (Muradian y Martínez-Alier 2001; Muradian et al. 2002), un país del Sur como México exportaría más materias primas con poco valor agregado, mayor peso y alto impacto ambiental, e importaría más productos con mayor valor agregado, menos peso y menor impacto ambiental. En el caso de la biomasa, sin embargo, no sucede así.

Además de los factores mencionados, la evolución de la extracción y consumo de biomasa es sin duda el reflejo de los cambios estructurales que se han vivido en México en los últimos treinta años. El modelo de desarrollo agrícola que prevaleció en México desde principios de los años treinta hasta finales de los años ochenta se caracterizó por la gran influencia del Estado en la producción mediante el establecimiento de precios de garantía para los granos básicos, la provisión de ayudas para la comercialización de las cosechas y de créditos subsidiados. Asimismo, el gobierno mexicano influía en el mercado de insumos al producir y vender fertilizantes y semillas subsidiadas y controlaba las importaciones de granos básicos. Dicha política cambió diametralmente a partir de la década de los noventa teniendo dos causas

fundamentalmente (Appendini 2001): por una parte, a raíz de la crisis de la deuda externa en 1982 el gobierno mexicano se vio obligado a disminuir sustancialmente el gasto público e instituciones gubernamentales como la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), que se ocupaba de establecer los precios de garantía a los productores y de comercializar los productos agrícolas, fueron disminuyendo su participación. Por otra parte, México cambió el rumbo de su política económica al disminuir la intervención del Estado y consolidar el libre mercado.

Otro aspecto importante es la rápida apertura comercial, proceso que se inició en 1986 cuando México ingresa en el GATT. A partir de entonces, las barreras arancelarias se vieron disminuidas considerablemente hasta llegar a la firma del Tratado de Libre Comercio con América del Norte en 1994, cuando se termina con las barreras arancelarias a productos y granos básicos para la alimentación. Entre ellos el maíz, que en el año 2008 verá su tarifa arancelaria reducirse a cero (Nadal 2002). De esta manera, las importaciones de maíz han crecido de tres millones de toneladas en 1993 a casi seis millones de toneladas en el 2003.

Junto con la disminución de los subsidios y la apertura comercial, la reforma al sistema de tenencia de la tierra y el término del reparto agrario son los cambios estructurales que han afectado sensiblemente al agro mexicano. La modificación al artículo 27° de la Constitución, realizada en febrero de 1992, liberalizó totalmente la forma de tenencia de la tierra abriendo camino a un modelo sustentado en el libre mercado esperando con esto una reactivación de la agricultura basándose en la inversión privada y la reconversión de la estructura productiva volcada a los cultivos competitivos en el mercado internacional (Appendini 1996). Todo esto ha resultado en un sector agrícola estancado que desde 1980 ha crecido a un ritmo anual de 1,3% en promedio, inferior al ritmo de crecimiento de la población, que ha sido del 1.7%. Sin embargo, los campesinos no han desaparecido ya que la participación de las actividades agropecuarias en el total de la



población ocupada ha crecido. En 1970 su participación era 23% pasando a 25% del PEA en 2003. Para sobrevivir los campesinos han recurrido al cultivo de subsistencia y a otras actividades no agropecuarias de baja remuneración y a la migración (Appendini 2001).

#### **4) La importancia de los flujos de biomasa no contabilizados: las actividades de subsistencia en el campo**

Las actividades de subsistencia están ligadas a la necesidad de cubrir las necesidades básicas frente a la falta de recursos económicos, por lo que en los países en desarrollo los cultivos en pequeña escala y la recolección de recursos naturales silvestres son la base principal de las economías domésticas rurales (Dovie et al. 2003, High y Shackleton 2000). México es un país con una población predominantemente pobre, ubicada particularmente en las zonas rurales. Se estima que en el 2000, el 89,5% de la población rural vivía en situación de pobreza<sup>3</sup> (Damián y Boltvinik 2003), a pesar de ser el país de América Latina con el nivel más alto de ingreso per cápita —6,290 dólares en 2003— (World Bank 2006).

Un creciente número de estudios de campo han documentado las actividades de subsistencia en el campo mexicano. Estas actividades se concentran principalmente: en la producción de maíz para el autoconsumo (Ortíz 2005; Escobar 2006; Tejera et al. en Escobar 2006), la recolección de plantas silvestres (Casas et al. 1994; Caballero et al. 1998; Camou-Guerrero et al. 2004) y la recolección de leña como combustible (Díaz 2000; Masera et al. 2005).

El cultivo de alimentos básicos en la milpa es un sistema de producción que se caracteriza por el *policultivo* (Toledo et al. 2003) que es el cultivo conjunto del maíz, como principal elemento y de otros como el frijol, la calabaza y el chile (Escobar 2006). Esta actividad cobra una gran importancia en términos de

*seguridad alimentaria* —entendida como el grado en que una comunidad obtiene las calorías que necesitan sus habitantes— y como *estrategia de reproducción* —entendida ésta como el conjunto de actividades que desarrolla la unidad doméstica con el objeto de asegurar su mantenimiento como unidad campesina de producción y consumo— (Rocha 1988 en: Escobar 2006:92). En México, la producción de maíz en milpa ha aumentado a pesar de que no es rentable. La extensión de tierra destinada al cultivo de esta gramínea se ha expandido (Dyer y Yunez-Naude 2003) y esto ha sido en zonas de temporal y sin ningún tipo de infraestructura de irrigación (Nadal 2002).

La recolección de plantas silvestres es también una actividad que permite el autoabasto de productos vegetales que complementan la economía doméstica. A pesar de que es una actividad que ha sido poco documentada, los estudios existentes dan cuenta de la importancia que tienen para las familias indígenas y campesinas, que aprovechan entre 5,000 y 7,000 especies de plantas (Caballero et al. 1998), cuyo uso puede ir desde el comestible, el forrajero y el medicinal (Camou-Guerrero et al. 2004) hasta el ornamental, para la construcción así como para la producción de herramientas (Toledo et al. 2003).

Asimismo, la recolección de leña es una actividad de subsistencia pilar de las economías agrarias en México. La leña es la principal fuente de energía en los hogares al cubrir el 80% de la demanda de energía en el sector rural (Masera et al. 2005). El consumo de leña está determinado por una diversidad de variables técnicas, económicas, ambientales, sociales y culturales. Sin embargo, el factor más determinante es la falta de recursos económicos para adoptar tecnologías y combustibles modernos (una estufa de gas, por ejemplo). Los estudios de caso llevados a cabo en distintas regiones de México dan cuenta de un consumo per cápita que oscila entre 1,48 y 2,97 kg al día<sup>4</sup>. A mayor disponibilidad de recurso, mayor es el

3. El nivel de pobreza medido con el método de LP que compara el ingreso corriente de los hogares contra una línea de pobreza.

4. Díaz (2000) provee un resumen extensivo de todos los estudios disponibles en esta materia para México.



consumo per cápita como podemos observar en la siguiente tabla:

Tabla 2. Consumo per cápita por región en México

Zona ecológica	Consumo per cápita de leña	
	Kg/ cap/ day	
Templada	1,98	
Trópico seco	2,47	
Trópico húmedo	2,97	
Semiárido	1,48	
Pantanos	2,47	

Fuente: Díaz 2000

### 5) Integrando la extracción de leña en las cuentas de flujos de materiales

Considerando la importancia que tienen las actividades de subsistencia en el campo, y en particular la extracción de leña, el objetivo en este apartado es integrar la cantidad de leña que se extrae directamente en la contabilidad de flujos de biomasa cuyos indicadores se analizan en el apartado 3. La cantidad de leña que se recolecta para el consumo doméstico no se refleja en las estadísticas nacionales al ser recursos que no pasan por el mercado. Dicho volumen debería ser alto ya que se estima que entre el 80 y el 96% de los consumidores de leña recolectan su propia leña (FAO 2006b).

Así, para este cálculo, se utiliza información obtenida en la Encuesta Nacional de Hogares Rurales (ENHRUM) que durante el año 2002 recogió en el campo mexicano el PRECESAM-COLMEX (2006), con el objetivo de obtener información nacional representativa sobre la economía rural de México. El diseño muestral de la ENHRUM fue realizado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). La cobertura geográfica de la ENHRUM es nacional en poblaciones rurales de 500 a 2,499 habitantes. En México se ha delimitado el ámbito rural como todo asentamiento con una población menor a 2500 habitantes (Hernández 2003). La encuesta ENHRUM se realizó en 80 localidades rurales de 14 estados de la República a partir de una división del país en 5 regiones.

La ENHRUM provee información sobre aspectos muy locales tales como: cultivos, ganadería, recolección de recursos naturales, caza y pesca para el autoconsumo. Para el cálculo que aquí se presenta se utilizaron las cifras contenidas en la sección Recursos Naturales Aprovechados. En principio, aún cuando no existe una variable que reporte directamente la cantidad de recurso recolectado, este dato se obtuvo sumando la cantidad de leña que se consume en el hogar más la cantidad vendida del recurso en pequeña escala a vecinos, familiares o en los mercados locales<sup>5</sup>. Es importante señalar que la información que los hogares reportan sobre su consumo y venta de madera están en diferentes unidades de medida, v.g. cargas, gruesas, tercios, piezas y kilogramos por lo que hubo necesidad de transformar toda la información a kilogramos.

Para cada observación (p.ej. hogar encuestado) la ENHRUM provee un factor de expansión a nivel nacional. Una vez aplicado este factor y haciendo la suma total de todas las observaciones se obtiene un dato nacional representativo. De esta manera, se calcula que para el año 2002, la extracción directa de leña para su consumo en los hogares rurales fue de aproximadamente 7 millones de toneladas. Esta cantidad resulta en 0,8 kg de consumo per cápita al día. Según el más reciente censo, la población rural es de 23, 5 millones (INEGI 2006).

Tabla 3. Extracción total de madera, incorporando la extracción directa- 2002 (Toneladas)

Madera uso industrial* (a)	4.195.422
Madera como combustible (b)	423.423
Madera total uso comercial (a+b)	4.618.845
Extracción directa de leña (c)	7.187.339
TOTAL (a+b+c)	11.806.184

Nota: En (a) se incluyen todos los usos industriales (escuadria, celulosa, chapa, postes y durmientes)

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI 2006 y PRECESAM-COLMEX 2006

5. Se observó que muy pocas familias venden la leña que recolectan: de 1129 observaciones sólo 45 venden una parte del recurso en los mercados locales o vecinos. El resto de las observaciones (1094) lo destinan en su totalidad al autoconsumo.



Como se puede observar en la tabla 3, la biomasa extraída directamente como leña para el consumo de los hogares es 17 veces mayor que la madera usada como combustible reportado en las estadísticas (fila b), y es considerablemente mayor que toda la extracción de madera comercial reportada por las estadísticas nacionales para ese año (fila a+b).

## 6) Conclusiones

A pesar de que la extracción y consumo de biomasa en México ha aumentado en los últimos treinta años a tasas de 46% y 72%, respectivamente, los indicadores per cápita muestran un descenso. Mientras que la extracción doméstica per cápita ha disminuido de 4 ton/cápita a principios de los años setenta a 2,6 ton/cápita en el 2004, el consumo doméstico per cápita disminuyó de 4 ton/cápita a 3 ton/cápita. Esto significa que existe cada vez una mayor demanda de alimentos y una menor capacidad interna para producirlos. Esta situación se ve también reflejada en el balance de comercio internacional físico (BCF), que presenta un saldo positivo a lo largo de todo el período de análisis, a excepción de los primeros tres años de la década de los setenta. En general, México ha importado más biomasa que las toneladas que ha exportado. Sus importaciones registraron un crecimiento considerable al pasar de 0,01 ton/cápita en 1970 a 0,6 ton/cápita en 2003. Analizando en detalle la composición de las importaciones de biomasa, encontramos que más del 40% se componen de cultivos para el consumo humano, en su mayoría sin procesar. Esto sugiere que se ha dado un proceso de sustitución de biomasa nacional por biomasa importada, lo cual sería congruente con la política de comercio internacional que ha seguido México a partir de 1986 caracterizada por su gran apertura comercial.

Si bien es cierto que aspectos como la extensión territorial de un país o el nivel de tecnificación influyen en el nivel de extracción de biomasa de un país, también es cierto que la política económica y los cambios estructurales por los que ha pasado México

en los últimos treinta años han determinado considerablemente su evolución, llevándolo a una cada vez mayor dependencia de los insumos del exterior, lo cual, en el caso de flujos básicos y determinantes como la biomasa para la alimentación humana representa una mayor vulnerabilidad en términos de seguridad alimentaria. Es importante mencionar que dicha evolución es diferente a la observada en otros países de América Latina como en el caso de Ecuador (Vallejo 2006) cuyas exportaciones de biomasa son considerablemente mayores que las importaciones.

Por otra parte, las actividades de subsistencia en el agro mexicano revisten una gran importancia, no sólo en términos económicos, culturales y sociales, sino también en términos físicos. Distinguimos entre las actividades más importantes de este tipo: la producción de alimentos básicos como el maíz, la recolección de plantas silvestres y el aprovechamiento de la madera como combustible. Generalmente las actividades de subsistencia están ligadas a la necesidad de cubrir las necesidades básicas frente a la falta de recursos económicos. Luego, en la contabilidad de flujos de materiales, los flujos resultantes de las actividades de subsistencia no se contabilizan debido a que no han sido suficientemente medidos ni estudiados y no se registran en las estadísticas nacionales.

En el caso de la extracción de leña, ha quedado demostrado que estos flujos, además de tener importancia como principal fuente de energía en la mayoría de los hogares rurales, representan casi el doble de la extracción nacional de madera comercial medida en toneladas.

Asimismo, es necesario mencionar que si bien dicho volumen de leña extraído resulta muy significativo, generalmente se trata de una extracción que aprovecha árboles, ramas y matorrales muertos, por lo que es un mecanismo que ayuda a la conservación de los bosques y previene los incendios, y, al contrario de lo que generalmente se supone, no es la causa de la deforestación a media y gran escala (Díaz 2000).



Finalmente, gracias al uso de los indicadores MFA se puede evaluar la dimensión biofísica de las actividades económicas más allá de los aspectos monetarios. Considerar la dimensión biofísica de los flujos materiales en la economía, incluyendo obviamente los flujos resultantes de las actividades de subsistencia es de gran importancia cuando se trata de diseñar estrategias y políticas efectivas. Queda por medir en el futuro la biomasa que se extrae en actividades ilegales como la tala de madera que seguramente será muy significativa si consideramos que entre 1993 y 2000 se perdió el 10,3% de la cobertura vegetal en las selvas mexicanas y el 5% de los bosques (SEMARNAT 2006).

### Agradecimientos:

La investigación que da sustento a este artículo ha sido llevada a cabo gracias al financiamiento obtenido en el grupo de Recerca de Qualitat (SGR-00571) del Departament d'Economia i d'Història Econòmica al cual el autor pertenece. Agradezco también a Anabel Martínez por su valiosa ayuda para obtener la ENHRUM y a Antonio Yunez y su valioso equipo que me han facilitado dicha base de datos así como los factores de expansión.

### REFERENCIAS

Altieri, M., 1999. 'The ecological role of biodiversity in agroecosystems'. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 19-31.

Appendini, K., 2001. *De la milpa a los tortibonos. La reestructuración alimentaria en México*. Instituto de Investigaciones de las Naciones Unidas. El Colegio de México. Segunda edición.

Appendini, K., 1996. 'Changing agrarian institutions: interpreting the contradictions'. *CERLAC Working Paper Series*, No. 4 (Enero).

BANCOMEXT, 2002. *World Trade Atlas*. Banco de Comercio Exterior, México, D. F.

BANCOMEXT, 2004. *World Trade Atlas*. Banco de Comercio Exterior, México, D. F.

Caballero, J., Casas, A., Cortés L. y C. Mapes, 1998. "Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México". *Estudios Atacameños* 16: 181-196.

Camou-Guerrero, A., Pérez-Negrón, E. y A. Casas, 2004. "Etnobotánica tarahumara: un estudio de caso en

el ejido forestal de Cuiteco, Chihuahua, México". XVII *Congreso Mexicano de Botánica*. Oaxaca, México, 17-22, octubre, 2004.

Carpintero, O., 2005. *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*. César Manrique, Madrid.

Casas, A., J. L. Viveros y J. Caballero, 1994. *Etnobotánica Mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero*. INI/CONACULTA, México.

COTECOCA, 1987. *Memorias de Coeficientes de Agostadero (1972-1986)*. SARH, México.

Damián, A. y J. Boltvinik, 2003. "Evolución y características de la pobreza en México". *Revista Comercio Exterior*, Vol. 53, No. 6, junio 2003. México

Díaz, R., 2000. *Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO<sub>2</sub>*. UNAM. Facultad de Ingeniería.

Dovie, D. B. K., Witkowski, E. T. F. y M. Shackleton, 2003. 'Direct use of smallholder crop production in a semi-arid rural South African village'. *Agricultural Systems*, 76: 337-357.

Dyer, G. y A. Yunez-Naude, 2003. *NAFTA and conservation of maize diversity in Mexico*. Commission for Environmental Cooperation, Mexico.

Escobar, D., 2006. *Valoración Campesina de la Diversidad del Maíz. Estudio de caso de dos comunidades indígenas en Oaxaca, México*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

EUROSTAT, 2000. *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide*. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

EUROSTAT, 2002. *Material use in the European union 1980-2000: Indicators and analysis*. European Commission, Luxemburg.

FAO, 2006a. *FAOSTAT. FAO statistical database*, FAO, Rome. Disponible en: <http://faostat.fao.org>

FAO, 2006b. *México-Balance Energético Nacional*, FAO, FAO-Forestal, Rome. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t2363s/t2363s0y.htm>

Fischer-Kowalski, M., 1998. 'Society's Metabolism. The intellectual history of Materials Flow Analysis, Part I, 1860-1970'. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 2, No. 1: 61-78.

Fischer-Kowalski, M., 1999. 'Society's Metabolism. The intellectual history of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998'. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 2, No. 4: 107-136.

Garcidueñas, A. R., 1987. *Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de Pinus montezumae Lamb*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.



Georgescu-Roegen, N., 1976. "La ley de la entropía y el problema económico". *Ciencia y Desarrollo*, No. 18: 64-70. CONACYT, México. Traducción del original 'The Law of entropy and the economic process'; en *Energy and Economic Myths: Institutional and Analytical Economic Essays*. Pergamon Press.

Georgescu-Roegen, N., 1977. "¿Qué puede enseñar a los economistas la termodinámica y la biología?" en: Aguilera, F. y V. Alcántara. 1994. *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica. Economía Crítica*. Icaria, Madrid. 303-319. Publicado originalmente en *Atlantic Economic Journal*, V (May): 13-21.

Gliessman, S. R., 1998. *Agroecology, ecological processes in sustainable agriculture*. Chelsea: Ann Arbor Press.

González, A. C., 2007. *Material Flow Accounting of Mexico (1970-2003). Sources and Methods. Technical report ICTA-UAB*. Proyecto "Metabolismo Social: tendencias, conflictos y respuestas" SEJ 2006-15219/ECON. Enero 2007.

Haberl, H., Schulz, N. B., Plutzer, C., Erb, K., Krausmann, F., Loibl, W., Moser, D., Sauberer, N., Weisz, H., Zechmeister, H. G. y P. Zulka, 2004. 'Human Appropriation of Net Primary Production and Species Diversity in Agricultural Landscapes'. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 102, No. 2: 213-218.

Hernández, J. C., 2003. *La distribución territorial de la población rural. La Situación Demográfica de México*, 2003: 63. CONAPO, México.

High, C. y M. Shackleton, 2000. 'The comparative value of wild and domestic plants in home gardens of a South Africa rural village'. *Agroforestry Systems*, 48:141-156.

INEGI, 1998. *EHCEM, Estadísticas Históricas del Comercio Exterior de México (1975-1985)*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, México.

INEGI, 1999. *Estadísticas Históricas de México*, IV ed. INEGI.

INEGI, 2006. *Banco de Información Económica*. Disponible en: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

Kapp, W., 1976. "El carácter de sistema abierto de la economía y sus implicaciones"; en Aguilera, F. y V. Alcántara, 1994. *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica. Economía Crítica*. Icaria, Madrid. 321-342. Publicado originalmente en: *Economics in the Future: Towards a New Paradigm*, London, McMillan.

Masera, O., Velázquez, A., Ordoñez, M., Drigo, R. y M. Trossero, 2005. *Fuel wood "hot spots" in Mexico: A case study using WISDOM -woodfuel integrated supply-demand overview mapping*, 1st edn. FAO, Rome.

Muradian, R. y J. Martinez- Alier, 2001. 'Trade and the environment from a southern perspective'. *Ecological Economics*, 36: 281-297.

Muradian, R., O' Connor, M. y J. Martinez-Alier, 2002. 'Embodied pollution in trade: Estimating the

'environmental load displacement' of industrialised countries'. *Ecological Economics*, 41: 51-67.

Nadal, A., 2002. *Corn in NAFTA: Eight years after. Research report prepared for the North American Commission for Environmental Cooperation. Science, Technology and Development Program*. El Colegio de México.

Naredo, J., 2006. *Raíces económicas del deterioro ecológico y social. Más allá de los dogmas*. Siglo XXI, España Editores.

Ortiz, T., 2005. *Análisis de interacciones sociales y económicas de tres sistemas de manejo de recursos naturales. Estudio de caso en el ejido Casas Blancas, Michoacán, México*. Universidad Internacional de Andalucía, Sede Antonio Machado, Baeza, Jaén, España.

PRECESAM-COLMEX, 2006. *Encuesta Nacional de Hogares Rurales (ENHRUM)*. Disponible en: <http://precesam.colmex.mx/>

Presidencia de la República, 2005. *Anexo estadístico del 5o. informe de gobierno*. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos, México.

SAGARPA, 2006a. *Estadísticas. Estimación de la demanda de insumos alimenticios para la ganadería 2002-2005*. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/pasta2.htm>

SAGARPA, 2006b. *Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)*. Disponible en: [http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar\\_comdownload.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdownload.html)

SEMARNAT, 2006. *Sistema nacional de información ambiental y de recursos naturales*. Disponible en: <http://portal.semarnat.gob.mx/>

SPP, 1971. *Anuario Estadístico del Comercio Exterior Mexicano*. Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Estadística, México, D. F.

SPP, 1973. *Anuario Estadístico del Comercio Exterior Mexicano*. Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Estadística, México, D. F.

SPP, 1975. *Anuario Estadístico del Comercio Exterior Mexicano*. Secretaría de Industria y Comercio. Dirección General de Estadística, México, D. F.

Toledo, V. M., Ortiz-Espejel, B., Cortés, L., Moguel, P. y M. D. J. Ordóñez, 2003. 'The multiple use of tropical forests by indigenous peoples in Mexico: A case of adaptive management'. *Conservation Ecology*, 7: 9-25.

Vallejo, M., 2006. "Estructura biofísica de la economía ecuatoriana: un estudio de los flujos directos de materiales". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 4: 55-72.

Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K. H. y K. Hubacek, 2006. 'The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption'. *Ecological Economics*, 58: 676-698.



World Bank, 2006. *Datos sobre desarrollo*. World Bank,  
Washington, D. C. Disponible en:  
[http://www.bancomundial.org/datos/datos\\_pais.html](http://www.bancomundial.org/datos/datos_pais.html)