



ANÁLISIS LINEAL DE LA ECONOMÍA Y EL MEDIO AMBIENTE EXTREMEÑO A PARTIR DE LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL Y MEDIOAMBIENTAL DE EXTREMADURA PARA EL AÑO 2005 (SAMEAEXT-05).

Autores y e-mail de la persona de contacto: Alberto Franco Solís.
albertofranco@unex.es

Departamento: Economía

Universidad: Universidad de Extremadura

Área Temática: *(Sesión Especial: Modelos input-output: aplicaciones al análisis regional)*

Resumen: *(máximo 300 palabras)* The main purpose of this paper is developing a linear model of atmospheric emissions and water consumption multipliers by using an Environmental and Social Accounting Matrix in both monetary and physical units for the Spanish region of Extremadura in 2005 (SAMEAEXT-05). The Leontief approach, which emphasizes the interdependence among industries and production sectors, is the basis for estimating the environmental effects of the changes in the external economic determinants.

This linear multisectoral model from the SAMEAEXT-05 will allow us to obtain the atmospheric emissions and the water consumption, both direct and indirectly, caused by each production sectors and households of Extremadura in 2005 under an exogenous unitary inflow. Basically, we multiply the SAM multipliers by two matrixes of both water and Greenhouse Gases (GHG) coefficients, which are the ratio between different elements of water and GHG accounts in j and total output j (i.e. domestic output plus imports). We thus determine which economic agents, on one hand, emit more amount of GHG and, on the other hand, consume the greatest quantities of water, both directly and indirectly in Extremadura on 2005 year. Hence, this linear application allows us to conclude that, although there are sectors that do not directly contribute to emissions or water consumption, they generate induced environmental effect from their major input suppliers.

Palabras Clave: *(máximo 6 palabras)* environmental accounts; input-output table, social accounting matrix; linear multisectoral model; greenhouse gases; water.

Clasificación JEL: C67, Q50.



1. Introducción.

Los economistas han estudiado las relaciones entre la economía y el entorno medioambiental desde la década de los años 60. Sin embargo, el alcance global de los problemas medioambientales y la relevancia que han adquirido a razón de las mayores presiones que las actuales actividades de producción y consumo ejercen sobre el medio natural, han generado en los últimos años una amplia reflexión sobre la manera de estimar las relaciones entre el sistema económico y el medioambiental. Esto ha conducido al desarrollo de instrumentos analíticos y modelizaciones asociadas a los mismos capaces de evaluar las estrechas relaciones entre las actividades económicas y el medio natural.

La matriz de contabilidad social y medioambiental (*Social Accounting Matrix and Environmental Accounts* o *SAMEA* en terminología anglosajona) constituye, en este contexto, una herramienta de enorme interés capaz de vincular mediante un formato matricial las cuentas monetarias tradicionales en una matriz de contabilidad social (*Social Accounting Matrix* o *SAM* en terminología anglosajona) con datos medioambientales expresados en unidades físicas.

En términos generales, una SAM es una base de datos que recoge y organiza en una matriz cuadrada la información económica y social de todas las transacciones que tienen lugar entre los agentes de un sistema económico concreto durante un determinado período de tiempo (habitualmente, un año). No obstante, este instrumento no detalla por sí mismo los impactos que la actividad económica provoca en el medioambiente, lo que complementaría los análisis realizados a partir de la SAM. Una vía de lograr esto, y fruto de la flexibilidad que esta herramienta ofrece, es mediante la construcción de una Matriz de Contabilidad Social y Medioambiental (*Social Accounting Matrix and Environmental Accounts* o *SAMEA* en su acrónimo en inglés).

Esencialmente, el sistema SAMEA consiste en añadir a la matriz SAM convencional, cuyas transacciones se reflejan en unidades monetarias, filas y columnas en las que se registra información de tipo medioambiental en unidades físicas y referente a las transacciones económicas previamente contabilizadas. En términos generales, la parte



medioambiental del sistema SAMEA recoge, por el lado de las filas, los inputs naturales que las distintas ramas productivas, así como las economías domésticas, extraen de la naturaleza. Mientras que, por el lado de las columnas, esta matriz detalla aquello que tanto las actividades productivas, como los hogares, emiten o devuelven al entorno natural. Esta riqueza informativa, tanto de carácter económico, como ambiental, justifica la relevancia de estas matrices como herramientas descriptivas de las interrelaciones existentes entre las ramas de actividad y los sectores institucionales y, a su vez, entre estos y el medio ambiente. Por otra parte, esta imagen estática puede ser además utilizada como base numérica sobre la que sustentar el desarrollo de distintas aplicaciones de modelización de las relaciones entre economía y medio ambiente.

Un primer grupo de modelos que pueden elaborarse sobre una SAMEA aplicada al recurso agua y a las emisiones atmosféricas son los desarrollados a partir de la matriz de multiplicadores contables SAM, que se derivan del modelo lineal¹ propuesto por Leontief en 1941 sobre una Tabla Input-Output (TIO). A partir de estos modelos es posible desvelar algunas de las repercusiones fundamentales que las estructuras de producción y consumo están teniendo, tanto de un modo directo, como indirecto, sobre el consumo y uso del agua, y las emisiones atmosféricas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En base a este objetivo, se definen en primer lugar unas matrices de coeficientes técnicos unitarios en relación, tanto a las emisiones de cada GEI, como al uso y consumo del agua. Una vez obtenidas, el producto de estas matrices por los multiplicadores contables de la SAMEAEXT-05 permite obtener las matrices de multiplicadores medioambientales, cuyos elementos se muestran capaces de informar sobre el perjuicio medioambiental generado directa e indirectamente por cada agente de la economía, a consecuencia de una variación unitaria y exógena en la demanda o ingresos de dicho agente económico. Con ello, estos multiplicadores medioambientales revelan cuáles son las relaciones que se establecen entre la actividad económica y, tanto el consumo de recursos hídricos, por un lado, como las emisiones atmosféricas en la región, por otro.

¹ Un segundo grupo de modelos a construir a partir de una SAM son los no lineales o Modelos de Equilibrio General Aplicado (AGE en su terminología inglesa).



No obstante, si bien estas matrices informan sobre la intensidad en las emisiones atmosféricas de GEI y en los requerimientos de agua desde las distintas cuentas endógenas, sus valores no exponen las emisiones y el uso y consumo de agua totales realizados directa e indirectamente por cada agente económico. De esta manera, un agente económico puede contaminar mucho o consumir mucha agua por unidad de sus ingresos; sin embargo, si estos no son tan importantes en cantidad, este agente no resultaría muy dañino al medio ambiente de la economía. Por ello, para hacer esta valoración más adecuada, se ponderan los multiplicadores medioambientales unitarios correspondientes a cada agente económico por el total de gasto que las cuentas exógenas realizan en este. Así se obtienen los valores globales de emisión de GEI y de uso y consumo de agua asignables a cada agente económico, a fin de satisfacer su demanda final o exógena.

La utilidad del análisis realizado en este trabajo reside fundamentalmente en la importancia de los resultados a obtener para orientar las futuras políticas económicas y medioambientales destinadas a reducir las emisiones y el consumo de agua, sin perjuicio económico para la sociedad de referencia.

De ahí, en los próximos apartados de este trabajo, se exponen en primer lugar las aportaciones científicas más relevantes, tanto a nivel nacional, como internacional, en el campo de los modelos lineales de índole medioambiental, que emplean como base numérica una SAM. A continuación, y tras describir inicialmente los fundamentos teóricos de la matriz de multiplicadores contables, se expone la metodología de obtención de las matrices medioambientales asociadas a las emisiones de GEI y al uso y consumo del agua, y se procede a su cálculo para el caso de la SAMEAEXT-05. Posteriormente, se muestran los resultados más relevantes obtenidos a partir de la aplicación en la matriz extremeña para 2005 del anterior modelo lineal de naturaleza medioambiental descrito. Un último epígrafe expone algunas conclusiones y limitaciones de este estudio.

De cara a esta aplicación medioambiental vinculada a la matriz de multiplicadores contables SAM, se consideran endógenas las cuentas relativas a los factores productivos, a las instituciones sociedades y hogares, y a las ramas de actividad; el resto de cuentas (Administraciones Públicas, la cuenta de ahorro/inversión y el sector



exterior) serán por tanto exógenas. De este modo, es posible estudiar los efectos económicos y medioambientales ante cambios en la demanda final exógena, teniendo en cuenta la interrelación entre la estructura de producción, la distribución de rentas y los patrones de consumo de los hogares.

2. Antecedentes de los modelos lineales para el análisis económico del medio ambiente.

Con el objetivo de ampliar el conocimiento existente de las relaciones entre la economía y el medio ambiente, los modelos económico-ambientales han proliferado en los últimos cincuenta años. Algunos de ellos fundamentados sobre un enfoque input-output, han resultado especialmente interesantes a la hora de analizar sobre qué agente económico recae la responsabilidad directa e indirecta de las presiones medioambientales procedentes de las actividades de producción y consumo.

Tradicionalmente, la Tabla Input-Output Medioambiental (TIOMA) ha supuesto el soporte estadístico empleado en estos modelos para analizar las implicaciones medioambientales que acontecen en los niveles de producción, como consecuencia de cambios generados en la demanda final. Sin embargo, del mismo modo que ocurre con estas herramientas, las SAMEA, también han sido utilizadas, si bien en un menor grado, para desarrollar modelos multisectoriales ecoambientales de corte lineal, capaces de recoger el funcionamiento integrado de la economía y el medio ambiente bajo un enfoque de equilibrio general.

A nivel internacional, podemos mencionar el estudio de Xie (2000), que desarrolla un ejercicio de multiplicadores lineales junto con un análisis de tipo estructural a partir de una SAMEA de China. También resulta relevante la contribución de Roland-Holst y Reinert (2001) donde, a partir de una SAM correspondiente a tres países (México, Canadá y Estados Unidos) y a través de un análisis de multiplicadores lineales, estiman las relaciones entre el comercio industrial y la contaminación. Asimismo, cabe destacar como experiencia pionera en España, la desarrollada por Manresa y Sancho (2004), que integran en una SAM para Cataluña del año 1987 datos procedentes del consumo de energía y las emisiones atmosféricas para, de este modo, evaluar el impacto energético y las emisiones de GEI procedentes de las actividades de producción y consumo



catalanas. Para el caso de Andalucía, Cardenete, Fuentes y Polo (2008) estiman las intensidades energéticas y las emisiones de CO₂ andaluzas para el año 2000. Nuevamente para Cataluña, Pié Dols (2010) utiliza un modelo SAM de precios para valorar el impacto económico de aplicar diferentes políticas fiscales de mitigación de emisiones de CO₂ en esta región. Finalmente, Cámara et al. (2013) analizan las emisiones, tanto directas como indirectas, provocadas por cada rama del sector energético español, mediante la aplicación de un modelo lineal multisectorial sobre la SAMEA de España durante 2008.

Recientemente en España ha habido también trabajos que han analizado conjuntamente los usos del agua y las emisiones atmosféricas para evaluar los efectos medioambientales inducidos por los agentes económicos. Este es el caso de Morilla et al. (2005), los cuales utilizan una SAMEA de España para el año 2000 aplicada al recurso agua y a las emisiones de GEI como soporte estadístico con el que calcular lo que los autores denominan “multiplicadores domésticos SAMEA”. Por otra parte, Sánchez-Chóliz et al (2007) obtienen los multiplicadores contables de una SAM para España en 1999 con el objetivo de estimar la contaminación, tanto atmosférica, como hídrica, asociada al consumo de los hogares. Desde un ámbito regional, Flores y Mainar (2008) emplean el modelo de Leontief sobre una SAMEA de Aragón durante 1999 con el fin de analizar los impactos medioambientales directos e indirectos de las economías domésticas aragonesas en términos de uso de agua, contaminación hídrica y emisiones atmosféricas.

En un ámbito similar al del último trabajo citado, en cuanto a lo que se refiere al estudio de los efectos medioambientales asociados, tanto al uso y consumo de agua, como a las emisiones de GEI, se sitúa el ejercicio de corte lineal desarrollado en este trabajo. Para una mejor comprensión de este, el siguiente epígrafe se inicia con la exposición de la ecuación básica del modelo de multiplicadores de Leontief.

3. Obtención de la matriz de multiplicadores contables SAM.

El modelo lineal input-output se ha convertido en un instrumento de gran utilidad en el análisis de las relaciones entre actividades productivas, recogiendo los ligámenes de interdependencia económica entre los diferentes sectores. Su autor, Leontief (1941),



plasmó en términos matemáticos las relaciones que se producen entre los distintos sectores de una economía a partir de la construcción de un nuevo sistema contable, las TIO². Concretamente, la matriz inversa obtenida desde este modelo proporciona unos multiplicadores que señalan el impacto sobre los niveles de producción de cada actividad productiva, a consecuencia de cambios en la demanda final exógena. Sin embargo, los supuestos del análisis input-output manifiestan algunas simplificaciones en la representación de la estructura tecnológica sectorial, describiendo el proceso de producción mediante una estructura completamente rígida. Junto a ello, otra importante limitación de la matriz inversa de Leontief es que no recoge de forma completa toda la red de conexiones que se producen en una economía.

No obstante, a pesar de su carácter restrictivo, el modelo input-output es considerado el precursor de otros modelos más complejos, como la matriz M de multiplicadores contables obtenida a partir de una SAM o los Modelos de Equilibrio General Aplicado, en tanto que presenta una vocación empírica dentro de un marco multisectorial integrado. En su desarrollo, el modelo de Leontief muestra explícitamente que el vector de variables endógenas q (outputs de las actividades productivas) queda determinado por el sistema a partir de la parte exógena del vector de demandas finales d :

$$q = (I - A)^{-1} \cdot d \quad (1)$$

donde A es la matriz de coeficientes técnicos, $a_{ij} = x_{ij}/q_j$, definidos

individualmente como la cantidad de input i necesaria para producir una unidad de output j , e I es la matriz identidad. A partir de esta relación y la mayor riqueza institucional proporcionada en una SAM, es posible recoger plenamente el proceso circular de la renta y captar, de este modo, los efectos de cambios en las variables exógenas con mayor precisión.

Tal y como se observa en el Cuadro 1, la distribución entre m cuentas endógenas y k cuentas exógenas permitirá dividir la SAM en cuatro submatrices diferentes: Y_{mm} representa la matriz cuadrada de orden $m \times m$ que contiene las transacciones entre las diferentes cuentas endógenas; X_{mk} que muestra las inyecciones de renta que las m

² La labor de Leontief en esta área le valió el premio Nobel en 1973.



cuentas endógenas reciben de las k exógenas; X_{km} que indica las salidas, *leakages*, que desde las m cuentas endógenas se realizan a las k cuentas exógenas; y finalmente X_{kk} , que incorpora las transacciones que se realizan entre las diferentes k cuentas exógenas. Los vectores y_m e y_k , de dimensiones $m \times 1$ y $k \times 1$, representan las rentas totales de las cuentas endógenas y exógenas respectivamente, calculadas como las sumas por filas.

Cuadro 1. Desagregación de las cuentas endógenas y exógenas: submatrices SAM.

	Cuentas endógenas	Cuentas exógenas	Total
Cuentas endógenas	Y_{mm}	X_{mk}	y_m
Cuentas exógenas	X_{km}	X_{kk}	y_k
Total	y_m'	y_k'	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez clasificadas las cuentas en exógenas y endógenas, se construye la matriz A de coeficientes medios de gasto $a_{ij} = Y_{ij}/Y_j$ obtenida mediante la división de cada elemento de las distintas matrices entre el total de su columna correspondiente. De esta definición, y partiendo de la clasificación de las instituciones en m endógenas y k exógenas, se puede obtener:

$$y_m = A_{mm}y_m + x \quad (2)$$

donde y_m es el vector columna de rentas de las cuentas endógenas, A_{mm} es una matriz definida por los coeficientes de gasto de las instituciones endógenas dirigidos hacia esas mismas cuentas endógenas, cuyos componentes a_{ij} representarían el gasto realizado en la cuenta i por cada unidad monetaria de gasto o empleo total de j , y, por último, x es un vector columna que recoge las inyecciones totales de renta que cada cuenta endógena m recibe del conjunto de cuentas exógenas k .

Resolviendo esta ecuación para y_m :

$$y_m = (I - A_{mm})^{-1} x = M_{mm}x \quad (3)$$



se obtiene la matriz de multiplicadores contables, $M_{mm} = (I - A_{mm})^{-1}$, siendo I una matriz identidad con tantas filas y columnas como cuentas endógenas se consideren.

La matriz M_{mm} de multiplicadores contables resulta una matriz cuadrada, similar a la inversa de Leontief, en la que sus elementos (m_{ij}) describen el impacto generado sobre la renta de una cuenta endógena i cuando la cuenta endógena j experimenta un aumento de una unidad monetaria adicional en sus inyecciones de renta exógena (x_j) .

En el siguiente apartado se expone la metodología lineal de análisis medioambiental que permite detectar las principales relaciones y agentes económicos responsables de las más altas emisiones contaminantes de GEI y del mayor uso y consumo de agua en Extremadura durante el año 2005.

4. Modelo multisectorial ecoambiental derivado de la SAMEAEXT-05.

A partir del cálculo de los multiplicadores medioambientales SAMEA, es posible identificar aquellos agentes económicos endógenos³ que ejercen una mayor presión ambiental para una demanda final dada. En su formulación, el desarrollo de este modelo en el ámbito del medioambiente extremeño implica tomar la SAMEAEXT-05 (Ver Cuadro 1 del Anexo Estadístico) como soporte informativo con el fin de analizar las repercusiones medioambientales que toda la cadena de relaciones económicas ocasiona directa e indirectamente en Extremadura.

De acuerdo con esta base de datos, y asumiendo que las variables medioambientales tienen una relación directamente proporcional con la producción de las ramas de actividad y, en su caso, con las rentas de los agentes privados endógenos, en primer lugar se calculan los coeficientes medioambientales de intensidad unitarios⁴ (físico-monetarios). De ahí, podemos definir los siguientes dos conceptos:

- *Matriz β de coeficientes de intensidad de emisión de GEI* (dimensión $gei \times j$): los elementos de esta matriz se definen como la relación por cociente entre las cantidades emitidas a la atmósfera por la rama de actividad o sector institucional j de los distintos

³ Al exogeneizar el sector exterior, hay que tener en cuenta que los recursos o contaminantes incluidos en las importaciones no son contabilizados en este ejercicio.

⁴ Este procedimiento de cálculo de los multiplicadores se basa en el estudio de Pasinetti (1977), por el cual el autor emplea los usos unitarios de trabajo.



GEI (en unidades físicas) y el output o empleos totales de dicho sector (en términos monetarios).

En términos matriciales:

$$\beta = GE \cdot \text{diag}(q)^{-1} \quad (21)$$

donde GE es la matriz de emisiones de los diversos GEI⁵ (en unidades físicas) procedentes de cada agente económico endógeno j y $\text{diag}(q)^{-1}$ es la inversa de un vector diagonalizado cuyos elementos son los empleos totales de cada agente económico j (en unidades monetarias).

- *Matriz α de coeficientes de intensidad de uso y consumo de agua* (dimensión $ucw \times j$): los elementos de esta matriz se definen como la relación por cociente entre las cantidades “ ucw ”, tanto de agua usada, como consumida (en unidades físicas), por la rama o sector institucional j y el output o empleos totales de dicha rama o sector (en unidades monetarias).

En términos matriciales:

$$\alpha = WC \cdot \text{diag}(q)^{-1} \quad (22)$$

donde WC es la matriz de uso y consumo de agua (en unidades físicas) por parte de los distintos agentes económicos endógenos j y $\text{diag}(q)^{-1}$ denota nuevamente la inversa de un vector diagonalizado cuyos elementos son los diferentes empleos totales de cada agente económico j .

A partir de estas matrices de coeficientes y de los multiplicadores contables a obtener de la SAMEAEXT-05, se pueden calcular las presiones medioambientales en términos de emisiones de GEI y de requerimiento de agua, ante variaciones sobre los agentes exógenos, del modo que se expone a continuación:

$$M_{GEI} = \beta(I - A_{mm})^{-1} \quad (23)$$

$$M_{UCW} = \alpha(I - A_{mm})^{-1} \quad (24)$$

⁵ También se incluyen las emisiones totales por agente económico j en términos de CO₂-eq.



De esta manera, a partir de estas dos relaciones lineales pueden derivarse dos clases de multiplicadores medioambientales⁶. Respecto a las emisiones de GEI, la matriz $\beta(I - A_{mm})^{-1}$, de dimensión $gei \times j$, registra los multiplicadores relativos a los distintos GEI, los cuales muestran en qué cuantía se incrementan las emisiones atmosféricas de cada GEI cuando tiene lugar un incremento unitario en la demanda exogeneizada del agente j . En relación con el consumo de agua, la matriz de multiplicadores, $\alpha(I - A_{mm})^{-1}$, de dimensión $ucw \times j$, muestra el aumento que se produce en el uso y consumo directo e indirecto de agua⁷ ante variaciones unitarias en las variables exógenas de la cuenta j . Estos dos multiplicadores vienen a mostrar, por tanto, cómo el impacto medioambiental de un determinado agente económico no está necesariamente ligado con el carácter contaminante o consumista del mismo, sino que simplemente basta con que se trate de un agente que arrastra a otros sectores que sí contaminan o consumen agua de forma directa.

No obstante, si bien estas matrices detallan la intensidad en las emisiones atmosféricas de GEI y el consumo hídrico de las distintas cuentas, sus valores no informan sobre las emisiones y los requerimientos de agua totales realizados directa e indirectamente por cada agente económico. Por ello, para obtener la totalidad de recurso agua o la contaminación atmosférica de cada tipo de GEI generada por cada cuenta endógena a fin de satisfacer su demanda final, es necesario ponderar los multiplicadores unitarios por el total del gasto x que los agentes exógenos realizan en ella:

$$M_{GEI}x = \beta(I - A_{mm})^{-1}x \quad (25)$$

$$M_{WC}x = \alpha(I - A_{mm})^{-1}x \quad (26)$$

En el próximo apartado, y una vez desarrollado el planteamiento teórico del modelo lineal medioambiental a aplicar, se procede a la evaluación de los multiplicadores lineales de naturaleza medioambiental calculados a partir de la SAMEAEXT-05.

⁶ Tal y como menciona Morilla (2004, p. 262), “los multiplicadores medioambientales obtenidos, hay que considerarlos como “potenciales” en el sentido de que mostrarán un impacto que no tiene en cuenta la evolución de la productividad y del cambio tecnológico de carácter medioambiental”.

⁷ A estos últimos valores, Allan (2003) los denomina *virtual water* o agua virtual por unidad de cuenta exógena.



5. Análisis del impacto ambiental directo e indirecto en Extremadura durante el año 2005.

Con el fin de tener en cuenta, no sólo las emisiones directas de GEI, sino también las generadas de manera indirecta, tanto por unidad, como sobre el global de la demanda exógena, se calculan los multiplicadores medioambientales correspondientes a las emisiones atmosféricas incluidas en la SAMEAEXT-05: Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O), Hidrofluorocarburos (HFC), Perfluorocarburos (PFC), Hexafluoruro de azufre (SF_6) y, por último, las emisiones totales medidas en CO_2 equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq.}$).

Suponiendo, la exogeneidad del sector exterior, las AA.PP. y la cuenta de ahorro/inversión, se puede observar sobre el Cuadro 2 que las cuentas endógenas en las que más se generan emisiones de CO_2 por cada 1.000 euros (€) recibidos de gasto exógeno son: minerales no metálicos (1,62 toneladas, - t -), agricultura (0,45 t), metalurgia (0,43 t), y transportes y comunicaciones (0,34 t). Son las actividades industriales, los factores productivos y la institución sociedades las cuentas que provocan una emisión menor de CO_2 ante un aumento de 1.000 € en sus ingresos o demanda final procedente del sector exterior, las AA.PP. o la cuenta de ahorro/inversión.

Si se atiende a los valores obtenidos para los multiplicadores medioambientales referentes al Metano (CH_4) y el Óxido Nitroso (N_2O), la mayor emisión de contaminación por cada 1000 € de demanda final corresponde a las actividades ganaderas con 0,1362 t en el caso del CH_4 y al sector agrícola con 0,0023 t para el caso del N_2O .

Según los valores obtenidos para los Hidrofluorocarbonos (HFC), las cuentas que mayor emisión producen por cada 1.000 € de demanda final, son las actividades de transportes y comunicaciones (0,011 kilogramos, - kg -), hostelería (0,011 kg), comercio y reparación (0,010 kg), e industria química (0,0058 kg).

A partir de los multiplicadores obtenidos para el caso de los Perfluorocarburos (PFC) y el Hexafluoruro de azufre (SF_6), se observa que los mayores emisores contaminantes por cada 1.000 € de demanda final son el sector de la metalurgia, en el caso de los PFC (0,00051 kg), y la rama de equipo eléctrico, electrónico y óptico, para el del SF_6



(0,00053 kg). En cualquier caso, las emisiones de estos gases son muy inferiores en comparación con las generadas de otros GEI.

Finalmente, si analizamos el total de las emisiones correspondientes a los seis tipos de GEI medido en CO₂-eq., los agentes económicos que mayor presión atmosférica ejercen como consecuencia de un gasto adicional de 1.000 € desde las cuentas exógenas, son las actividades de ganadería (3,57 t), minerales no metálicos (1,66 t), y agricultura (1,34 t). Por el contrario, los agentes económicos que menor emisión de CO₂-eq. generan son gran parte de las actividades industriales extremeñas, los factores de producción y la institución sociedades.

Cuadro 2. Emisiones de GEI por mil euros de demanda exógena en Extremadura durante 2005.

	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	HFC (kg)	PFC (kg)	SF ₆ (kg)	Total CO ₂ -eq. (t)*
1. Agricultura.	0,45	0,00794	0,00233	0,00220	0,00001	0,00001	1,34
2. Ganadería.	0,27	0,13625	0,00142	0,00265	0,00001	0,00001	3,57
3. Silvicultura, caza y pesca.	0,14	0,00164	0,00006	0,00181	0,00001	0,00001	0,19
4. Productos energéticos.	0,26	0,00091	0,00003	0,00102	0,00001	0,00001	0,29
5. Captación, depuración y distribución de agua.	0,30	0,00048	0,00002	0,00146	0,00002	0,00001	0,31
6. Industria alimentación, bebidas y tabaco.	0,17	0,00592	0,00047	0,00110	0,00001	0,00000	0,44
7. Textiles, cuero, calzados, vestido.	0,04	0,00042	0,00002	0,00119	0,00000	0,00000	0,06
8. Industria de la madera y el corcho.	0,30	0,00112	0,00005	0,00523	0,00002	0,00000	0,35
9. Industria del papel; edición y artes gráficas.	0,12	0,00070	0,00002	0,00311	0,00001	0,00000	0,14
10. Industria química.	0,05	0,00032	0,00001	0,00579	0,00000	0,00000	0,06
11. Minerales no metálicos.	1,62	0,00086	0,00006	0,00268	0,00001	0,00000	1,66
12. Metalurgia.	0,43	0,00106	0,00004	0,00210	0,00051	0,00000	0,47
13. Maquinaria y equipo mecánico.	0,10	0,00037	0,00002	0,00173	0,00003	0,00001	0,12
14. Equipo eléctrico, electrónico y óptico.	0,09	0,00017	0,00001	0,00088	0,00001	0,00053	0,11
15. Material de transporte.	0,01	0,00004	0,00000	0,00050	0,00000	0,00000	0,01
16. Industrias manufactureras diversas.	0,12	0,00056	0,00002	0,00287	0,00001	0,00000	0,14
17. Construcción.	0,22	0,00137	0,00005	0,00221	0,00003	0,00001	0,27
18. Comercio y reparación.	0,17	0,00126	0,00005	0,01047	0,00005	0,00001	0,22
19. Hostelería.	0,19	0,00207	0,00012	0,01059	0,00005	0,00001	0,29
20. Transportes y comunicaciones	0,34	0,00127	0,00005	0,01073	0,00005	0,00001	0,39
21. Intermediación financiera.	0,15	0,00160	0,00005	0,00192	0,00001	0,00001	0,20



22. Inmobiliaria y servicios empresariales.	0,12	0,00109	0,00004	0,00127	0,00001	0,00000	0,16
23. Administración Pública.	0,15	0,00146	0,00005	0,00176	0,00001	0,00001	0,20
24. Educación.	0,13	0,00141	0,00005	0,00163	0,00001	0,00001	0,18
25. Actividades sanitarias y veterinarias; servicios sociales.	0,13	0,00139	0,00007	0,00181	0,00001	0,00001	0,18
26. Otros servicios y actividades sociales; servicios personales.	0,14	0,02061	0,00020	0,00183	0,00001	0,00001	0,64
27. Factor Productivo Trabajo	0,12	0,00134	0,00005	0,00140	0,00001	0,00001	0,17
28. Factor productivo Capital.	0,14	0,00160	0,00006	0,00167	0,00001	0,00001	0,20
34. Hogares.	0,14	0,00160	0,00006	0,00167	0,00001	0,00001	0,20
35. Sociedades.	0,09	0,00097	0,00004	0,00101	0,00000	0,00000	0,12

Fuente: Elaboración propia.

En lo que concierne al recurso natural agua, los multiplicadores correspondientes a las distintas cuentas hídricas pueden observarse en el Cuadro 3. Aunque se han calculado multiplicadores medioambientales para las distintas variables registradas por las cuentas del agua, nuestro estudio se centra fundamentalmente en el análisis de las dos más relevantes, el uso y el consumo de este recurso, cuyos valores se localizan en las columnas 3 y 6.

Tal y como puede observarse, las actividades que mayor cantidad de agua requieren en su uso por cada 1.000 € de demanda final son las cuatro ramas agroalimentarias: agricultura (1,32 miles de metros cúbicos, - m^3 -), ganadería (0,44 miles de m^3 usados), silvicultura (0,50 miles de m^3) e industria de la alimentación (0,25 miles de m^3 usados), junto con la de captación, depuración y distribución de agua (0,23 miles de m^3 usados). De la misma manera, los 4 sectores agroalimentarios ocupan los primeros puestos de las ramas que mayor consumo de agua efectúan ante un incremento de 1.000 € en su demanda final (la agricultura con 0,92 miles de m^3 consumidos, la ganadería con 0,24 miles de m^3 , la silvicultura con 0,08 miles de m^3 y la industria de la alimentación con 0,17 miles de m^3 consumidos). La primera posición ocupada por la agricultura, en ambos casos, revela las ligaduras internas de este sector con otros agentes a los que sirve directa o indirectamente y con los que debiera compartir la “responsabilidad” del agua que utiliza en su producción.



Por el contrario, los agentes económicos extremeños que menos uso de agua realizan están compuestos por la mayor parte del sector industrial de Extremadura (a excepción de la industria de la alimentación, y la industria de la madera y el corcho). Por su parte, las cuentas que registran un consumo de agua inferior están igualmente comprendidas por los sectores industriales y la rama de otros servicios y actividades sociales, la cual revela un valor de consumo negativo.

Cuadro 3. Multiplicadores medioambientales del agua por mil euros de demanda exógena en Extremadura durante 2005 (miles de m³).

	Captación de agua	Agua distribuida	Uso del agua captada directamente y agua distribuida	Aguas residuales generadas y descargadas en el sistema de saneamiento	Retornos directos de agua	Consumo físico de agua
1.	1,31467	0,00466	1,31933	0,00173	0,38944	0,92365
2.	0,43279	0,00510	0,43789	0,00180	0,19325	0,23876
3.	0,49725	0,00452	0,50177	0,00166	0,41538	0,08103
4.	0,01293	0,00287	0,01580	0,00107	0,00702	0,00588
5.	0,22607	0,00256	0,22864	0,00065	0,06808	0,01073
6.	0,25075	0,00285	0,25360	0,00120	0,07750	0,17330
7.	0,01157	0,00162	0,01319	0,00103	0,00451	0,00723
8.	0,12302	0,00435	0,12737	0,00151	0,09666	0,02639
9.	0,01020	0,00247	0,01267	0,00180	0,00482	0,00483
10.	0,00769	0,00148	0,00916	0,00133	0,00557	0,00193
11.	0,01820	0,00344	0,02165	0,00191	0,00863	0,00883
12.	0,01795	0,00339	0,02134	0,00187	0,00840	0,00881
13.	0,00782	0,00216	0,00998	0,00075	0,00375	0,00454
14.	0,00350	0,00172	0,00522	0,00039	0,00282	0,00162
15.	0,00082	0,00124	0,00206	0,00034	0,00068	0,00093
16.	0,01999	0,00265	0,02264	0,00187	0,01269	0,00669
17.	0,02889	0,00455	0,03344	0,00166	0,01366	0,01481
18.	0,02643	0,00426	0,03069	0,00203	0,01269	0,01292
19.	0,07542	0,00465	0,08008	0,00248	0,03169	0,04218
20.	0,02602	0,00442	0,03043	0,00274	0,01237	0,01226
21.	0,03076	0,00477	0,03553	0,00241	0,01585	0,01407
22.	0,02118	0,00361	0,02478	0,00198	0,01086	0,00970
23.	0,03045	0,00735	0,03780	0,00189	0,01592	0,01654
24.	0,03042	0,00734	0,03776	0,00190	0,01517	0,01695
25.	0,03109	0,00730	0,03839	0,00200	0,01515	0,01753
26.	0,03110	0,00722	0,03832	0,00233	0,20318	-0,10528
27.	0,02920	0,00339	0,03259	0,00151	0,01305	0,01432
28.	0,03489	0,00405	0,03894	0,00180	0,01560	0,01711
34.	0,03489	0,00405	0,03895	0,00180	0,01560	0,01711
35.	0,02115	0,00246	0,02360	0,00109	0,00946	0,01037

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se expuso previamente, los multiplicadores unitarios miden los efectos medioambientales por unidad de demanda exógena, pero son poco explicativos sobre la magnitud de esos efectos, ya que esta depende del tamaño que muestre la demanda. Por ello, para identificar mejor los agentes responsables de provocar un mayor consumo de



agua y una mayor emisión atmosférica de GEI en su actividad, se estiman los multiplicadores medioambientales ponderados que se describieron con anterioridad. Estos pueden observarse en los siguientes Cuadros 4 y 5.

A este respecto, y en relación a las emisiones de CO₂, destacan los hogares (1.276.839 t), fundamentalmente debido al alto consumo de bienes y servicios que realizan a partir, entre otras, de las importantes rentas que reciben exógenamente. En segundo lugar, se sitúa el sector de la construcción (575.126 t), confirmando con ello la importancia de esta actividad en la economía extremeña de 2005 y, de ahí, la importante contribución de la misma a las emisiones de GEI. Por su parte, el sector inmobiliario (247.411 t) en su conexión con la construcción, incrementa el peso de CO₂ en su producto final frente al que emite directamente, es decir, es un contaminador atmosférico importante aunque no lo sea directamente. También es relevante mencionar la contribución de la industria alimentaria (233.416 t) debido esencialmente a la alta demanda final que soporta.

Si se analizan los valores ponderados obtenidos para el total de los seis tipos de emisiones analizados, medido en CO₂-eq., se comprueba que los hogares (1.753.177 t) y el sector de la ganadería (1.868.160 t) se localizan en una posición claramente destacada. De este modo, esta última actividad pasa a ser, no sólo uno de los sectores que mayor emisión directa realizan, sino también el que mayor emisión atmosférica provoca directa e indirectamente, para satisfacer la demanda total desde el sector exterior, las AA.PP. y la cuenta de ahorro/inversión.

Si se comparan los multiplicadores ponderados con los unitarios referidos a las emisiones CO₂-eq., destaca especialmente la pérdida de peso de las ramas minerales no metálicos (32.198 t) y metalurgia (86.008 t) en sus emisiones necesarias para satisfacer la demanda final total de cada uno de estos sectores.

En cuanto a las actividades que menores emisiones directas e indirectas de CO₂-eq. provocan para satisfacer la demanda final, las ramas industriales, a excepción de las ya mencionadas, destacan en sus menores impactos.

Cuadro 4. Emisiones de GEI por el total de la demanda exógena en Extremadura durante 2005.

	CO ₂ (t)	CH ₄ (t)	N ₂ O (t)	HFC (kg)	PFC (kg)	SF ₆ (kg)	Total CO ₂ eq. (t)*
1.	249.042,70	4.408,32	1.293,29	1.218,92	8,00	3,11	743.837,20
2.	140.509,80	71.255,21	741,43	1.386,53	6,21	2,86	1.868.160,42
3.	14.270,56	167,10	5,82	185,12	0,74	0,55	19.779,40



4.	275.219,50	963,06	30,11	1.070,81	6,71	12,49	306.151,11
5.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.	233.415,73	8.223,25	647,14	1.527,56	10,48	3,32	608.334,98
7.	1.155,79	11,24	0,59	32,06	0,06	0,02	1.605,30
8.	14.045,23	52,55	2,38	244,40	0,86	0,22	16.134,80
9.	78,28	0,47	0,01	2,09	0,00	0,00	94,81
10.	986,74	6,98	0,11	125,75	0,04	0,01	1.290,27
11.	31.411,09	16,74	1,23	52,10	0,24	0,09	32.197,56
12.	78.738,62	193,20	7,50	384,78	92,50	0,73	86.007,69
13.	13.097,28	48,21	2,16	225,38	3,68	1,02	15.042,16
14.	1.152,53	2,21	0,13	11,21	0,13	6,78	1.412,95
15.	1.335,49	5,12	0,21	66,45	0,29	0,02	1.575,72
16.	4.327,32	20,21	0,84	103,48	0,41	0,08	5.116,44
17.	575.126,17	3.581,05	139,69	5.769,45	67,92	27,52	700.251,09
18.	66.881,18	504,19	19,30	4.198,97	20,52	2,18	87.688,62
19.	8.524,76	91,32	5,45	467,72	2,28	0,24	12.602,14
20.	148.915,28	557,78	23,81	4.694,36	22,93	3,79	172.776,42
21.	11.521,45	126,20	4,32	151,53	0,64	0,55	15.675,78
22.	247.411,19	2.250,95	79,99	2.618,21	12,04	9,64	322.314,27
23.	218.976,44	2.103,55	77,47	2.530,04	11,75	17,70	290.106,35
24.	132.288,34	1.411,69	52,53	1.632,99	6,71	5,67	179.973,82
25.	143.649,07	1.515,12	76,12	1.975,87	7,28	8,27	201.215,94
26.	46.229,88	6.599,27	63,88	585,29	2,40	1,83	205.242,19
27.	11.265,89	124,79	4,65	130,29	0,55	0,50	15.468,74
28.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34.	1.276.839,16	14.143,10	526,84	14.766,27	62,33	56,75	1.753.176,82
35.	232.226,81	2.572,29	95,82	2.685,63	11,34	10,32	318.861,35

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los multiplicadores ponderados de agua, estos nos permiten conocer qué uso y consumo total de agua (directos e indirectos) generan los distintos agentes económicos como consecuencia del gasto que el sector exterior, las AA.PP. y la cuenta de ahorro/inversión realizan en ellos. De este modo, puede comprobarse en el Cuadro 5 que los 3 primeros agentes económicos de Extremadura que usan más agua son los mismos que los que la consumen en una mayor cantidad: la agricultura, la industria alimentaria y los hogares. Al comparar estos resultados con los obtenidos anteriormente en términos unitarios, se observa nuevamente que el consumo físico más importante es el efectuado por la agricultura (512.494 miles de m³). En segunda posición se encuentra la industria alimentaria (240.702 miles de m³), que gana peso en la valoración de los requerimientos hídricos globales, debido a que el alto consumo de agua realizado por la producción de este sector en Extremadura está motivado principalmente por sus demandas finales. Por el contrario, entre las cuentas endógenas que menor consumo de agua generan en la economía extremeña para satisfacer la demanda exógena se encuentra gran parte del reducido sector industrial extremeño y algunas ramas de servicios. Entre estas últimas actividades, se sitúa el sector de servicios y otras actividades sociales cuyo valor de consumo obtenido es de signo negativo (-33.714 miles de m³), lo que viene a indicar que el volumen de agua devuelto al medio natural es



superior al total de agua usada por este agente. Ello podría fundamentarse en el vertimiento de otros residuos líquidos que, en última instancia, son depurados por las actividades de saneamiento público.

Cuadro 5. Valores referentes a las cuentas del agua por el total de la demanda exógena en Extremadura durante 2005 (miles de m³).

	Captación de agua	Agua distribuida	Uso del agua captada directamente y agua distribuida	Aguas residuales generadas y descargadas en el sistema de saneamiento	Retornos directos de agua	Consumo físico de agua
1.	729.455,65	2.585,06	732.040,71	960,48	216.081,31	512.493,58
2.	226.342,38	2.667,06	229.009,44	942,62	101.067,52	124.865,71
3.	50.770,26	461,70	51.231,96	169,15	42.411,52	8.273,67
4.	13.634,18	3.027,69	16.661,87	1.129,83	7.398,95	6.205,66
5.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.	348.283,27	3.962,47	352.245,74	1.661,69	107.639,16	240.701,60
7.	312,15	43,67	355,82	27,87	121,68	194,93
8.	5.750,06	203,55	5.953,62	70,48	4.518,14	1.233,40
9.	6,87	1,67	8,54	1,21	3,25	3,25
10.	167,04	32,10	199,14	28,86	121,02	41,87
11.	354,02	66,97	420,99	37,23	167,80	171,67
12.	3.286,11	619,75	3.905,85	342,44	1.538,09	1.613,41
13.	1.018,85	281,60	1.300,45	97,33	488,79	591,20
14.	44,82	22,06	66,88	5,02	36,08	20,77
15.	108,92	163,82	272,74	44,89	90,82	123,62
16.	720,18	95,41	815,59	67,31	457,31	240,96
17.	75.433,40	11.889,54	87.322,94	4.339,06	35.673,45	38.684,50
18.	10.600,56	1.709,24	12.309,80	813,16	5.089,99	5.182,86
19.	3.331,93	205,64	3.537,57	109,60	1.399,96	1.863,52
20.	11.385,74	1.933,16	13.318,90	1.197,23	5.411,81	5.366,93
21.	2.425,55	375,91	2.801,46	190,10	1.249,80	1.109,61
22.	43.656,25	7.436,46	51.092,71	4.088,38	22.394,32	19.994,34
23.	43.825,15	10.579,69	54.404,84	2.721,80	22.916,37	23.799,12
24.	30.544,37	7.372,60	37.916,97	1.909,48	15.234,82	17.018,77
25.	33.855,91	7.944,90	41.800,81	2.181,44	16.495,56	19.089,66
26.	9.959,78	2.311,99	12.271,77	747,46	65.063,75	-33.713,59
27.	2.720,09	315,85	3.035,93	140,62	1.216,15	1.333,73
28.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
34.	308.286,09	35.796,86	344.082,95	15.937,71	137.835,03	151.160,80
35.	56.069,94	6.510,60	62.580,54	2.898,69	25.068,93	27.492,57

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, una vez realizado el análisis de los distintos multiplicadores medioambientales, tanto unitarios, como globales, podemos destacar que, aun cuando existen sectores que no contribuyen directamente a la emisión de GEI y al uso y consumo de agua, o lo hacen de forma reducida, como por ejemplo la industria de la alimentación, sí que generan una contaminación y empleo indirectos a consecuencia de sus interrelaciones con otros agentes económicos medioambientalmente más



perjudiciales. En este sentido, a continuación podemos visualizar en el 6, por un lado, las más altas emisiones totales directas, y por otro, las asignadas a cada uno de los 5 agentes económicos endógenos más contaminantes de acuerdo con nuestro análisis previo de multiplicadores medioambientales ponderados:

Cuadro 6. Comparativa* entre las mayores emisiones de CO₂eq. generadas de un modo directo y las emitidas según los multiplicadores medioambientales ponderados.

	Emisiones CO ₂ -eq. (kt) directos	Porcentaje emisiones CO ₂ -eq. (kt) directos sobre el total		Emisiones CO ₂ -eq. (kt) según multiplicadores ponderados	Porcentaje emisiones CO ₂ eq. (kt) según multiplicadores ponderados sobre el total
2. Ganadería.	2.416	30,27%	2. Ganadería.	1.868	23,40%
34.Hogares	1.958	24,53%	34.Hogares	1.753	21,96%
1. Agricultura.	1.343	16,82%	1. Agricultura.	744	9,32%
11. Minerales no metálicos.	399	4,99%	17. Construcción	700	8,77%
4. Productos energéticos.	383	4,80%	6. Industria alimentación, bebidas y tabaco.	608	7,62%
TOTAL	6.499	81,42%	TOTAL	5.674	71,08%

Fuente: Elaboración propia. *Nota: Para una más sencilla identificación de cada cuenta, cada agente mantiene la misma numeración que en la SAMEAEXT-05.

Como se puede observar, las cinco ramas que más contaminan la atmósfera de un modo directo absorben más del 80% del total de las emisiones, concentrando sólo las 2 primeras alrededor de un 55%. Sin embargo, cuando se analizan los multiplicadores ponderados, los porcentajes de participación de cada sector al total de emisiones se tornan más similares entre sí, concentrando, en este caso, los cinco agentes más contaminantes, en torno a un 71% del total de emisiones. Destaca el caso de la industria agroalimentaria, que sólo representa un 2,5% de las emisiones directas, pero que, al considerar las emisiones globales que genera a partir de sus interdependencias con otros agentes, su porcentaje se incrementa hasta el 7,62% del total. También cabe destacar el caso del sector de la construcción, cuyo porcentaje de emisión directa representa menos de la tercera parte (2,13%) del obtenido en el análisis de los multiplicadores de CO₂-eq. ponderados. Esto implica que un análisis basado en las emisiones directas, sin considerar los efectos contaminantes de las interrelaciones sectoriales y los procesos de redistribución de rentas, puede resultar engañoso.



Con respecto al consumo de agua, y al igual que se ha hecho con las emisiones atmosféricas, el siguiente Cuadro 7 muestra los correspondientes consumos de agua directos, por una parte, y los consumos asignados según el análisis de multiplicadores ponderados, por otra, de los 5 agentes más consumidores de este recurso:

Cuadro 7. Comparativa* entre los mayores consumos de agua realizados de un modo directo y los efectuados según los multiplicadores medioambientales ponderados.

	Consumo físico total de agua (miles de m ³) directo.	Porcentaje consumo físico total de agua directo (miles de m ³) sobre el total		Consumo físico total de agua (miles de m ³) según multiplicadores ponderados	Consumo físico total de agua (miles de m ³) según multiplicadores ponderados sobre el total
1. Agricultura	1.123.479	95,60%	1. Agricultura.	512.494	43,61%
2. Ganadería	47.479	4,04%	6. Industria alimentación, bebidas y tabaco.	240.702	20,48%
34. Hogares	37.874	3,22%	34. Hogares	151.161	12,86%
3. Silvicultura, caza y pesca.	25.648	2,18%	3. Ganadería.	124.866	10,63%
5. Captación, depuración y distribución de agua.	4.800	0,41%	17. Construcción	38.684	3,29%
TOTAL	1.239.280	105,46%	TOTAL	1.067.906	90,87%

Fuente: Elaboración propia. *Nota: Para una más sencilla identificación de cada cuenta, cada agente mantiene la misma numeración que en la SAMEAEXT-05.

En este caso, los cinco sectores más consumidores de agua absorben más del 100%⁸ de los consumos hídricos directos. El mayor consumo directo corresponde, con diferencia, a la agricultura. No obstante, si bien el consumo directo de esta rama representa casi un 96% del total consumido por parte de los agentes endógenos, al considerar los consumos efectuados indirectamente, este porcentaje desciende al 43,61% sobre el total. Para todos los demás agentes, las relaciones productivas y de redistribución de rentas que se establecen entre ellos provocan efectos superiores sobre el consumo de agua que los derivados de sus necesidades directas.

Por todo ello, y al igual que ocurre en el análisis de las emisiones, cuando se introducen los efectos provocados por las interrelaciones sectoriales y los procesos de

⁸ Cabe aquí recordar que algunos agentes económicos generan un consumo de agua negativo, ya que los retornos de este recurso hacia al medio ambiente son superiores al uso de agua que realizan.



redistribución de rentas, los valores de consumo de agua se muestran más pertinentes y cercanos a la realidad económica y medioambiental que se pretende estudiar.

6. Conclusiones.

Frente a otros marcos de modelización más complejos, los modelos SAM lineales representan una primera y sencilla forma de explotar la riqueza informativa que las SAM incorporan. Más concretamente, estos modelos permiten obtener los denominados multiplicadores contables, que muestran los efectos totales de interdependencia entre las cuentas endógenas.

Una vez calculados estos multiplicadores contables, la información medioambiental de la SAMEAEXT-05 permite desarrollar un modelo lineal multisectorial capaz de integrar la estructura de interdependencias entre la economía, la sociedad y el medio ambiente extremeño en 2005. Para ello, se multiplica la matriz de multiplicadores contables por una matriz de coeficientes técnicos unitarios en relación, tanto al uso y consumo de agua, como a las emisiones de GEI. A partir de la formulación de este modelo económico y medioambiental, es posible analizar algunas de las repercusiones medioambientales directas e indirectas más importantes vinculadas al consumo de agua y a la emisión de GEI originados a consecuencia de los patrones de producción y consumo de la realidad de Extremadura en 2005.

Según los resultados obtenidos, se comprueba que el gasto de una unidad monetaria en las actividades agroalimentarias extremeñas desde el sector exterior, la cuenta de ahorro/inversión o las AA.PP., es el que genera mayor consumo de agua y emisión atmosférica. Mientras que la transferencia de una unidad monetaria hacia los sectores industriales es la que menor efecto medioambiental negativo produce. Resultados muy similares se obtienen al ponderar los multiplicadores medioambientales unitarios correspondientes a cada agente económico por el total de gasto que las cuentas exógenas realizan en este.

Una vez realizado el análisis de los distintos multiplicadores medioambientales, tanto unitarios, como ponderados, se ha podido observar cómo, aun cuando existen sectores que no contribuyen directamente a la emisión de GEI y al consumo de agua, o lo hacen de forma reducida, sí que generan una contaminación y empleo indirectos fruto de las interrelaciones con otros agentes económicos. Ello permite llegar a la conclusión de que



hay que relativizar en cierta medida las afirmaciones realizadas respecto al consumo de agua o a las emisiones de GEI por parte de algunos sectores que, como el agrario, comparten su protagonismo medioambiental con otras ramas, como la industria agroalimentaria.

De esta manera, como ha quedado ilustrado en esta aplicación, la SAMEA y el modelo lineal medioambiental asociado a la misma que se desarrolla en este trabajo, resultan una herramienta interesante capaz de evaluar los impactos que sobre el medio natural y la economía puedan presentar las políticas y procesos inherentes a las actividades socio-económicas. De este modo, se obtiene información sobre cuáles son los agentes económicos clave en la economía y el medio ambiente extremeño, favoreciendo con ello el correcto diseño e implantación de las distintas políticas económicas y medioambientales orientadas a la consecución del desarrollo sostenible en Extremadura.

Finalmente, debe ponerse énfasis en que los resultados obtenidos han de ser interpretados con cautela, debido, tanto a las limitaciones que implican estos modelos lineales (los coeficientes técnicos medioambientales obtenidos de la SAMEA se consideran linealmente constantes en el tiempo, se asume un escenario en el que existen recursos ociosos, etc.) como a las simplificaciones que presenta la SAMEAEXT-05 que se ha tomado como base informativa. De modo adicional, es importante mencionar también que los distintos multiplicadores obtenidos son sensibles a los supuestos de endogeneidad asumidos en el modelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Cámara, A.; Flores, M. y Fuentes, P. (2013): “Análisis de las emisiones asociadas al sector energético en España”, *Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 31 -1, pp. 151-170.
- Cardenete, M.A.; Fuentes, P. y Polo, C. (2008): “Análisis de intensidades energéticas y emisiones de CO₂ a partir de la Matriz de Contabilidad Social de Andalucía del año 2000”, *Economía Agraria y Recursos Naturales* 8 (2), pp. 31-48.
- Flores, P. y Mainar, A. (2008): “Environmental effects of production and consumption activities within an economy: the Aragon case”, *International Advances in Economic Research*, vol. 15 (4), pp 437-455.



- Franco, A. (2014): *Elaboración de una matriz de contabilidad social medioambiental regional y su aplicación en el marco de los modelos de equilibrio general: El caso de Extremadura*, Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura.
- Leontief, W. (1941): *The structure of American economy, 1919-1929: An empirical application of equilibrium analysis*. Ed. Harvard University Press, Cambridge, U.K.
- Manresa, A. y Sancho, F. (2004): "Energy intensities and CO2 emissions in Catalonia: a SAM analysis", *International Journal Environment, Workplace and Employment*, Vol. 1, No 1, pp. 91-106.
- Miller, R. E. y Blair P.D. (1985): *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Prentice Hall, London.
- Morilla, C. y Díaz Salazar, G. (2005): "Multiplicadores domésticos SAMEA en un modelo multisectorial económico y ambiental de España", *Documentos de la Serie Estudios sobre la Economía Española de FEDEA*, Nº 184.
- Pasinetti, L., (1977): *Contributi alla teoria Della produzione congiunta*. Bologna, Società Editrice il Mulino, Italia.
- Pié Dols, L. (2010): *Multisectorial models applied to the environment: An analysis for Catalonia*. Tesis Doctoral, Universidad Rovira I Virgili, Barcelona.
- Pulido, A. y Fontela, E. (1993): *Análisis input-output. Modelos, datos y aplicaciones*. Ed. Pirámide.
- Reinert, K. y Roland-Holst, D. (2001): "Industrial pollution linkages in North America. A linear analysis", *Economic Systems Research*, vol. 13, Nº 2.
- Sánchez-Chóliz, J.; Duarte, R. y Mainar, A. (2007): "Environmental impact of households activity in Spain", *Ecological Economics*, vol. 62, pp. 208-318.
- Xie, J. (2000): "An environmentally extended social accounting matrix: conceptual framework and application to environmental policy analysis in China", *Environmental and Resource Economics*, 16(4), 391-406.

Anexo Estadístico

Cuadro 1. SAMEAEXT-05.

	1-26	27-28	29-33	34-42	43	44	45-47	Aguas residuales recogidas por el saneamiento público (miles de m ³)	Retornos directos de agua (miles de m ³)	Cuentas de contaminación atmosférica (CO ₂ -eq.)*
1. Agricultura.	SAMEEXT-05 (miles de euros)							188,77	461.827,28	1.343,12
2. Ganadería.								106,15	36.566,60	2.415,82
3. Silvicultura, caza y pesca.								57,37	158.729,84	7,07
4. Productos energéticos.								608,67	1.632,70	382,72
5. Captación, depuración y distribución de agua.								0,00	46.706,55	137,02
6. Industria alimentación, bebidas y tabaco.								1.386,71	746,38	149,78
7. Textiles, cuero, calzados, vestido.								321,52	185,66	11,46
8. Industria de la madera y el corcho.								19,97	17,42	20,02
9. Industria del papel; edición y artes gráficas.								185,75	0,00	11,61
10. Industria química.								414,73	0,00	14,05
11. Minerales no metálicos.								236,81	18,72	398,88
12. Metalurgia.								329,11	92,58	130,30
13. Maquinaria y equipo mecánico.								86,53	38,34	15,92
14. Equipo eléctrico, electrónico y óptico.								56,76	380,20	26,86
15. Material de transporte.								175,40	187,58	3,54
16. Industrias manufactureras diversas.								259,20	0,00	12,17
17. Construcción.								265,02	0,00	128,60
18. Comercio y reparación.								1.273,11	509,34	125,07
19. Hostelería.								806,13	112,36	53,69
20. Transportes y comunicaciones.								1.077,78	0,00	194,15
21. Intermediación financiera.								500,80	114,09	8,63
22. Inmobiliaria y servicios empresariales.								2.014,03	320,62	68,73
23. Administración Pública.								485,57	2.109,21	34,85
24. Educación.								356,78	1.483,34	6,58
25. Actividades sanitarias y veterinarias; servicios sociales.								546,82	1.603,34	15,73
26. Otros servicios y actividades sociales; servicios personales.								533,77	123.809,24	307,68
TOTAL ACTIVIDADES PRODUCTIVAS	12.293,25	837.191,40	6.024,04							
HOGARES		30.567,89	0,00	1.958,05						
TOTAL		42.861,14	837.191,40	7.982,09						

Cuadro 1. SAMEAEXT-05 (continuación).

	1. Agricultura.	2. Ganadería.	3. Silvicultura, caza y pesca.	4. Productos energéticos.	5. Captación, depuración y distribución de agua.	6. Industria alimentación, bebidas y tabaco.	7. Textiles, cuero, calzados, vestido.	8. Industria de la madera y el corcho.	9. Industria del papel; edición y artes gráficas.	10. Industria química	11. Minerales no metálicos.	12. Metalurgia.	13. Maquinaria y equipo mecánico.	14. Equipo eléctrico, electrónico y óptico.	15. Material de transporte	16. Industrias manufactureras diversas.
1-26	SAMEXT-05 (miles de euros)															
27-28																
29-33																
34-42																
43																
44																
45-47																
Captación de agua (miles de m ³)	1.584.042,64	83.292,05	183.987,09	20,00	159.294,0	375,00	0,00	26,00	0,00	11,53	6,12	9,88	0,25	0,23	3,52	9,47
Agua distribuida (miles de m ³)	1.452,21	859,97	447,98	2.311,91	829,41	3.190,98	455,82	138,41	185,75	403,20	313,72	452,33	374,04	420,06	682,47	249,73
Consumo físico de agua (miles de m ³)	1.123.478,804	47.479,26	25.647,86	90,54	4.799,86	1.432,89	-51,36	127,02	0,00	0,01	64,31	40,52	249,41	-16,67	323,01	0,00

	17. Construcción.	18. Comercio y reparación.	19. Hostelería.	20. Transportes y comunicaciones.	21. Intermediación financiera.	22. Inmobiliaria y servicios empresariales.	23. Administración Pública.	24. Educación.	25. Actividades sanitarias y veterinarias; servicios sociales.	26. Otros servicios y actividades sociales; servicios personales.	TOTAL SECTORES	HOGARES	TOTAL
1-26	SAMEXT-05 (miles de euros)												
27-28													
29-33													
34-42													
43													
44													
45-47													
Captación de agua (miles de m ³)	0,00	237,20	100,80	99,46	73,03	261,22	169,98	120,23	134,57	75,24	2.012.349,53	0	2.012.349,53
Agua distribuida (miles de m ³)	3.100,33	2.333,05	991,49	978,32	718,32	2.569,34	5.687,18	4.014,22	4.495,52	2.519,26	40.175,00	68.442,00	108.617,00
Consumo físico de agua (miles de m ³)	2.835,31	787,80	173,80	0,00	176,46	495,91	3.262,38	2.294,33	2.479,93	-78.887,37	1.137.284,02	37.874,11	1.175.158,13

Fuente: Elaboración propia. Nota: Por razones de espacio, se incluyen únicamente las cifras correspondientes a las cuentas medioambientales estimadas en la elaboración de la SAMEAEXT-05. Para más información, contactar con el autor: albertofranco@unex.es.