

# Grupo de Investigación en Crecimiento, Demanda y Recursos Naturales (CREDENAT), Universidad de Zaragoza. Modelo EDISON\*, tablas y modelos *input-output* con desagregaciones energéticas para el análisis de políticas

*Raquel Langarita, Cristina Sarasa, Julio Sánchez-Chóliz, Rosa Duarte, Ana Serrano\*\* e Ignacio Cazcarro\*\*\**

## 1. OBJETIVO

**E**DISON es un paquete conceptual, y especialmente empírico, para tablas de origen y destino (SUTs, en inglés), tablas *input-output* (TIOs), matrices de contabilidad social (MCSs), y modelos *input-output* y de equilibrio general computable (MEGAs o CGEs, en inglés) para el análisis de políticas energéticas. Sus principales características se centran en la desagregación de los sectores energéticos (especialmente eléctricos), o/y el enlace con cuentas satélite de energía y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). EDISON se ha aplicado a nivel de país (España) y regional (Aragón).

Este paquete permite abordar aspectos teóricos y aplicados de análisis socioeconómico y medioambiental. Particularmente, se centra en el análisis de emisiones de GEI, huellas de carbono y efectos asociados a las transformaciones energéticas,

---

\* Energy DISaggregation for pOlicy aNalysis.

\*\* Departamento de Análisis Económico, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Zaragoza.

\*\*\* ARAID (Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo). Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2). Departamento de Análisis Económico, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Zaragoza.

así como de sectores específicos como el eléctrico. Los análisis se focalizan en la evolución en el pasado (examinando factores explicativos), y algunos análisis prospectivos para evaluar futuros de transición energética, descarbonización, etc., en España y en el mundo. En este sentido, la herramienta permite evaluar impactos, presiones sociales y medioambientales a través de diferentes escenarios energéticos (en función de cambios en la demanda, en los patrones de consumo, en la configuración de la autoproducción/autoconsumo, etc.) y de políticas concretas (como, por ejemplo, impuestos ambientales o mejoras de eficiencia) que permite observar cómo afectan a los diferentes sectores económicos e institucionales.

## 2. DESCRIPCIÓN

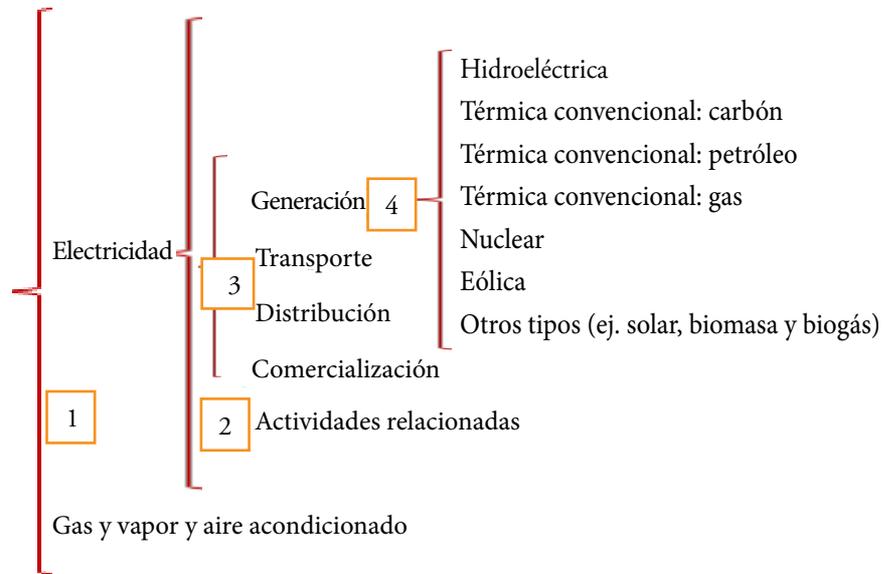
Estas herramientas (que inicialmente se fueron desarrollando por separado, en aplicaciones) han sido principalmente elaboradas para la región de Aragón, para España y, en ocasiones, haciendo uso de otros instrumentos ya desarrollados por grupos internacionales de investigación, como las tablas multiregionales *input-output* mundiales, para el contexto europeo o mundial (así como estudios centrados en España pero con una buena información del comercio internacional).

Los principales aspectos en la desagregación de las cuentas energéticas y de emisiones de gases de efecto invernadero son las cuentas satélite elaboradas y analizadas (ver el apartado 3 y las referencias finales) y la desagregación en el sector eléctrico, que por lo tanto se suma a la estructura base de unas 60 industrias y productos de las economías. La desagregación, especialmente en el sector eléctrico, se elabora a partir de informaciones más detalladas como las obtenidas del INE sobre las macromagnitudes de los subsectores eléctricos, las encuestas de empresas, la estadística de comercio exterior, UNESA, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, EUROSTAT, algunos artículos como Peters (2015), etc. Así, una desagregación informativa, tanto para las SUT, TIO, MCS como MEGA es la representada en la figura 1 que distingue entre las distintas actividades asociadas al sector eléctrico y la consideración de la generación a través de distintas fuentes.

Esta desagregación, que en la actualidad iniciamos ya en las SUT, la podemos trasladar a las TIO y MCS mediante diferentes hipótesis de tecnologías para la modelización como en algunas de las aplicaciones que se presentan en el siguiente

Figura 1

**Desagregación base en EDISON (SUT, TIO, MCS, MEGA)**



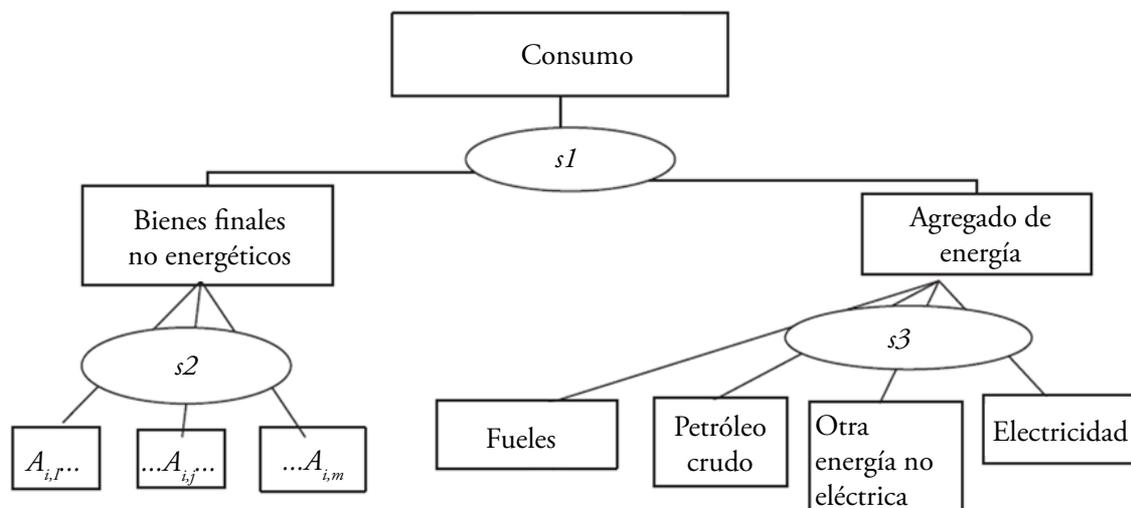
Fuente: Elaboración propia.

apartado. Además, Lenzen y Rueda-Cantuche (2012), ya discutieron las ventajas teóricas y empíricas del uso de SUT en lugar de TIO para determinada modelización analítica. Especialmente para un caso como el eléctrico, con industrias (subsectores, *e.g.* de producción) diferenciadas, pero con un producto que no lo es, esta estructura que hemos implementado en EDISON es particularmente útil. Como se citará al final de la sección 3, con las nuevas SUT desarrolladas podemos construir TIO, obtener diferentes multiplicadores (valor añadido, empleo, emisiones de GEI, etc.) sin tener que aplicar hipótesis adicionales de tecnología (véase Lenzen y Rueda-Cantuche, 2012; Wiedmann, 2017), así como calibrar el módulo de CGEs, etcétera.

Las herramientas y *software* utilizados para el paquete son básicamente hojas de cálculo (Excel), Matlab, y GAMS. Las diferentes versiones de las tablas se suelen manejar en los tres formatos, siendo por lo tanto fácilmente intercambiables. Las computaciones vectoriales y matriciales, especialmente las que requieren más recursos, son implementadas en Matlab por su eficiencia en el manejo de este tipo de datos.

Figura 2

### Ejemplo de estructura anidada simplificada de consumo del tipo que se usa en módulos CGE de EDISON



Fuente: Elaboración propia a partir de Doumax-Tagliavini y Sarasa (2018).

Los módulos/modelos de equilibrio general computables están programados en GAMS y compatibilizan los equilibrios, del mercado de trabajo, gobierno, sector exterior, etc. con diferentes cierres alternativos. Además, se trabaja con estructuras anidadas de producción y de utilidad o de consumo usando formas funcionales flexibles, véase un ejemplo en la figura 2 (según el detalle requerido), donde se calibran, estiman o toman de la literatura elasticidades ( $s_1, s_2, s_3 \dots s_6$ ) para cada nodo.

### 3. EJEMPLOS DE APLICACIÓN

Las distintas herramientas que agrupamos en EDISON han sido utilizadas para analizar diferentes momentos del tiempo, problemáticas, planes y estrategias energéticas y climáticas.

Los primeros avances se desarrollaron a partir de TIO y MCSs, *e.g.* en Sánchez Chóliz, Duarte y Mainar (2007), Duarte, Mainar y Sánchez-Chóliz (2010), analizando los impactos ambientales de los hogares en España de forma directa e indirecta. Por el lado sectorial o de determinados sistemas o conjuntos de secto-

res, también se ha ido profundizando en el análisis, como por ejemplo se hizo con el estudio de huellas ambientales (en especial emisiones de GEI) y de escenarios para evaluar los impactos de la industria agroalimentaria en la economía aragonesa, y para el conjunto de España (Cazcarro *et al.*, 2014 y 2015). El análisis de lo ocurrido se complementa con la evaluación más prospectiva, consistente en valorar diferentes caminos o *pathways* sostenibles (Valiño, Sarasa y Duarte, 2019) o examinar las acciones del lado del consumidor en una economía baja en carbono (Duarte, Sánchez Chóliz y Sarasa, 2018b), en ese caso con un CGE dinámico al estilo del módulo de CGE de EDISON.

La perspectiva internacional se ha trabajado conceptual y analíticamente en relación a los objetivos de reducción de emisiones de París y las estrategias de eficiencia energética (Duarte, Sánchez Chóliz y Sarasa, 2018a). Empíricamente, se han tratado también otros países, como en el análisis de políticas que apoyan los biocombustibles y el cambio tecnológico en Francia (Doumax-Tagliavini y Sarasa, 2018) en el artículo de Bolea, Duarte y Sánchez-Chóliz (2020), donde se exploran las emisiones de carbono y la desigualdad internacional con una perspectiva multirregional-multisectorial, o recientemente en Schumacher *et al.* (2020), donde en un compendio de perspectivas sobre la economía del medio ambiente a la sombra del coronavirus, la contribución específica del grupo evalúa los impactos medioambientales, y en especial de los cambios en emisiones en el año 2020, a consecuencia de todos los cambios en los patrones de consumo, movilidad, etc. que se han producido en Europa a raíz de la COVID-19.

Además, aunque no directamente encuadrados actualmente en EDISON, herramientas como los modelos de gravedad aplicados en el marco *input-output* multirregional (ver Duarte, Pinilla y Serrano, 2018c) pueden ser utilizados para evaluar los factores que impulsan o contienen las emisiones de carbono incorporadas en el comercio internacional, realizar proyecciones de las mismas a futuro, analizar el papel de los acuerdos regionales como motor de cambio en los patrones y tendencias de consumo energético y emisiones, así como para estimar elasticidades comerciales sectoriales de aplicación en los MEGA, entre otros.

Centrando el análisis más en el sector eléctrico en España, y el modelo *input-output* desagregado, cabe destacar las aplicaciones a un sector concreto

(Langarita *et al.*, 2017), así como la integración de herramientas de análisis estructural (Duarte, Langarita y Sánchez Chóliz, 2017), que pueden servir para valorar el rol del sector y subsectores en las cadenas de distribución en términos de valor añadido, empleo, arrastre e impulso de otros sectores, etc. De nuevo, con modelización que complejiza las hipótesis, e introduce rigideces en los diferentes mercados, etc., el sistema eléctrico también se ha analizado en un contexto europeo (Langarita *et al.*, 2019).

En la actualidad, estamos trabajando (Cazcarro *et al.*, 2020; Langarita *et al.*, 2020), utilizando la citada desagregación del sector eléctrico en las SUTs mostrando ejemplos de aplicación para evaluar planes o proyecciones a futuro de la autoproducción y autoconsumo energético, especialmente a través de la progresiva entrada de renovables en sustitución de energías fósiles. En el primero de los trabajos, elaboramos conceptualmente y aplicamos ejemplos sintéticos sobre cómo los procesos de autoproducción y autoconsumo pueden tratarse en el marco de las SUT, obteniendo además diferentes multiplicadores sin tener que introducir hipótesis adicionales de tecnología. En el segundo, aplicamos la parte de modelización más flexible para evaluar diferentes escenarios de imposición (principalmente a las energías fósiles) o eliminación de la misma para las renovables.

#### 4. DESCRIPCIÓN DEL GRUPO

CREDENAT (Crecimiento, Demanda y Recursos Naturales) es un grupo de investigación con una trayectoria estable de más de 25 años, conformado principalmente por profesorado e investigadores del departamento de Análisis Económico de la Universidad de Zaragoza. El equipo mantiene sistemáticamente proyectos nacionales y regionales, así como otros europeos y con entidades locales, lo que da lugar a que se disponga de investigadores en formación dentro del equipo. Ha realizado también colaboraciones, proyectos o contratos con diversas empresas e instituciones, como E.ON Renovables, S.L.U., *Joint Research Centre* de la Comisión Europea, Confederación Hidrográfica del Ebro, Comunidad General de Riegos del Alto Aragón, ECODES, etc. El grupo CREDENAT en su conjunto ha sumado en los últimos tres años unas 65 publicaciones indexadas (de las que

43 tienen clasificación Q1 o Q2 en WOS o Scopus), seis capítulos de libro, y más de un centenar de comunicaciones o ponencias en congresos.

## REFERENCIAS

BOLEA, L., DUARTE, R. y SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. (2020). Exploring carbon emissions and international inequality in a globalized world: A multiregional-multisectoral perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104516>

CAZCARRO, I., DUARTE, R., SÁNCHEZ CHÓLIZ, J., SARASA, C. y SERRANO, A. (2014). Environmental footprints and scenario analysis for assessing the impacts of the agri-food industry on a regional economy. A case study in Spain. *Journal of Industrial Ecology*. DOI: 10.1111/jiec.12209

— (2015). Modelling regional policy scenarios in the agri-food sector: A case study of a Spanish region. *Applied Economics*. DOI: 10.1080/00036846.2015.1102842.

CAZCARRO, I., LANGARITA, R., SÁNCHEZ CHÓLIZ, J. y SARASA, C. (2020). Exploring sustainable scenarios for renewable electricity: Analyzing higher electricity self-production and self-consumption using disaggregated supply and use tables. Versión previa presentada en ERSA Web Conference 2020. *Working paper*.

DOUMAX-TAGLIAVINI, V. y SARASA, C. (2018). Looking towards policies supporting biofuels and technological change: Evidence from France. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 94, pp. 430-439. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.03.065

DUARTE PAC, R., LANGARITA TEJERO, R. y SÁNCHEZ CHÓLIZ, J. (2017). The electricity industry in Spain: a structural analysis using a disaggregated input-output model. *Energy*, 141, pp. 2640-2651. DOI: 10.1016/j.energy.2017.08.088.

DUARTE PAC, R., MAINAR, A. y SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. (2010). The impact of household consumption patterns on emissions in Spain. *Energy Economics*, 32(1), pp. 176-185.

DUARTE PAC, R., SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. y SARASA, C. (2018a). The road to Paris with energy-efficiency strategies and GHG emissions-reduction targets: The case of Spain” ISBN: 978-0-415-78740-6. En: O. DEJUÁN, M. LENZEN y M. A. CADARSO (Eds.), *Environmental and economic impacts of decarbonisation*, Chap. 8. New York, USA: Routledge.

— (2018b). Consumer-side actions in a low-carbon economy: A dynamic CGE analysis for Spain. *Energy Policy*, 118, pp. 199-210. 2018. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.03.065.

DUARTE PAC, R., PINILLA, V. y SERRANO, A. (2018c). Factors driving embodied carbon in international trade: a multiregional input–output gravity model. *Economic Systems Research*, 30(4), pp. 545-566. DOI: 10.1080/09535314.2018.1450226.

LANGARITA, R., CAZCARRO, I., SÁNCHEZ CHÓLIZ, J. y SARASA, C. (2020). Modelling fiscal changes for the electricity sector using a computable general equilibrium model for Spain. Presentado en *15<sup>th</sup> Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems – SDEWES*. Working paper.

LANGARITA, R., DUARTE, R., HEWINGS, G. y SANCHEZ-CHOLIZ, J. (2019). Testing European goals for the Spanish electricity system using a disaggregated CGE model. *Energy*, 179, pp. 1288-1301. ISSN 0360-5442. DOI: 10.1016/j.energy.2019.04.175.

LANGARITA, R., SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J., SARASA, C., DUARTE, R. y JIMÉNEZ, S. (2017). Electricity costs in irrigated agriculture: A case study for an irrigation scheme in Spain. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 68(2), pp. 1008-1019. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.075.

LENZEN, M. y RUEDA-CANTUCHE, J. M. (2012). A note on the use of supply-use tables in impact analyses. *SORT-Statistics Oper. Res. Trans.* 36, pp. 139–152.

PETERS, J. C. (2015). The GTAP-Power Database: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Database, working paper, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, West Lafayette, IN, USA.

SÁNCHEZ CHÓLIZ, J., DUARTE, R. y MAINAR, A. (2007): Environmental impact of household activity in Spain. *Ecological Economics*, 62 (2), pp. 308- 318.

SCHUMACHER, I., CAZCARRO, I., DUARTE, R., SARASA, C., SERRANO, A., XEPAPADEAS, A., FREIRE-GONZÁLEZ, J., VIVANCO, D.V., PEÑA-LÉVANO, L.M., ESCALANTE, C.L., LÓPEZ-FELDMAN, A., CHÁVEZ, C., VÉLEZ, M.A., BEJARANO, H., CHIMELI, A.B., FÉRES, J., ROBALINO, J. y SAL, A. (2020). Perspectives on the Economics of the Environment in the Shadow of Coronavirus. *Environ. Resour. Econ.*, 76, pp. 447–517. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00493-2>

VALIÑO, L., SARASA, C. y DUARTE, R. (2019). Economy-wide effects of a sustainable pathway in the pig sector: A case study in Aragon (Spain). *Journal of Environmental Management*, 239, pp. 84-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.041>

WIEDMANN, T. (2017). On the decomposition of total impact multipliers in a supply and use framework. *J. Econ. Struct.*, 6, 11. <https://doi.org/10.1186/s40008-017-0072-0>