



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Problema de decisión multicriterio a partir de
medidas de poder y prestigio en la red de sectores
productivos de la economía aragonesa

Autor/es

Diego López Garza

Director/es

Alberto Turón Lanuza

Facultad de Economía y Empresa

2016

Grado en Economía

ÍNDICE

RESUMEN/ ABSTRACT.....	pág. 5
1. INTRODUCCIÓN.....	pág. 6
2. MARCO TEÓRICO.....	pág. 8
2.1 Análisis Input-Output.....	pág. 8
2.2 Teoría de Redes Sociales.....	pág. 11
2.3 Propiedades de las Redes Sociales: Centralidad y Poder. Índices de Eigenvector Centrality y de Bonacich.....	pág. 12
2.3.1 Centralidad y Poder.....	pág. 12
2.3.2 Índice de Eigenvector Centrality.....	pág. 13
2.3.3 Índice de Bonacich.....	pág. 14
2.4 Optimización.....	pág. 15
3. CONTEXTUALIZACIÓN.....	pág. 16
4. METODOLOGÍA.....	pág. 17
4.1 Datos.....	pág. 17
4.2 Análisis de Datos.....	pág. 17
4.3 Tablas.....	pág. 18
4.4 Problema de decisión multicriterio.....	pág. 19
5. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	pág. 21
5.1 Datos.....	pág. 21
5.2 Construcción de la Red.....	pág. 21
5.3 Índice de Eigenvector Centrality.....	pág. 25
5.4 Índice de Bonacich.....	pág. 29
5.5 Decisión de Políticas Óptimas.....	pág. 33
6. CONCLUSIÓN.....	pág. 39
6.1 Análisis gráfico.....	pág. 39
6.2 Índice Eigenvector Centrality.....	pág. 39
6.3 Índice de Poder de Bonacich.....	pág. 40
6.4 Problema de decisión multicriterio.....	pág. 40
6.4 Competencias.....	pág. 41
BIBLIOGRAFÍA/REFERENCIAS.....	pág. 42

ANEXO I: TABLAS.....	pág. 43
Tabla I.1.....	pág. 43
Tabla I.2.....	pág. 45
Tabla I.3.....	pág. 47
Tabla I.4.....	pág. 50
Tabla I.5.....	pág. 52
Tabla I.6.....	pág. 54
ANEXO II: CÓDIGO PROGRAMACIÓN.....	pág. 57
P1.....	pág. 57
P2.....	pág. 58
ÍNDICE DE TABLAS:	
Tabla 1.....	pág. 8
Tabla 2.....	pág. 26
Tabla 3.....	pág. 26
Tabla 4.....	pág. 27
Tabla 5.....	pág. 29
Tabla 6.....	pág. 30
Tabla 7.....	pág. 31
Tabla 8.....	pág. 32
Tabla 9.....	pág. 34
ÍNDICE DE FIGURAS:	
Figura 1.....	pág. 23
Figura 2.....	pág. 23
Figura 3.....	pág. 24

RESUMEN

En el trabajo se ha realizado un análisis de la red formada por los diferentes sectores productivos en la economía aragonesa, de sus intercambios y sus relaciones. Este análisis consiste en representar los datos en grafos y obtener diferentes índices para medir tanto la centralidad como el poder de dichos sectores.

Como se dispone de datos para los años de 2008, 2009 y 2010, además del análisis de los datos e índices, se ha realizado un breve estudio sobre la evolución de los mismos en los diferentes años. Así pues, se han obtenido grafos y tablas con valores de los índices para todo el periodo.

Posteriormente, se ha propuesto y resuelto un problema de decisión multicriterio mediante el cual se ha pretendido sugerir un reparto ideal del beneficio de una política dada por parte de la administración entre los diferentes sectores para, como primer objetivo, poder eliminar el saldo deficitario de las exportaciones netas totales en la economía de Aragón. Como segunda meta se ha propuesto tratar de reducir la carga impositiva de los sectores con el objetivo de reducir sus costes

ABSTRACT

In this project, an analysis of the social network made up by the different productive sectors in Aragón's economy, by their exchanges and relationships has been made. This analysis lies in representing the data in graphs and in obtaining different rates which measure both centrality and power.

Due to the fact that data are available for years 2008, 2009 and 2010, in addition to the analysis of the data and rates, a research of the evolution of those data has been also carried out. So, they are represented in graphs and tables for all the three years.

After that, it has been proposed and solved a multicriterio decision problem, which aims to suggest an ideal partition of a particular political decision, first, trying to eliminate the deficit in the exportation-importation balance. As a second objective, it pretends to reduce the taxes related to each sector, with the goal of reducing costs.

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es analizar el marco input-output de Aragón para el año 2010, centrándose en la estructura de los sectores productivos y en los intercambios realizados entre los mismos, a partir de los cuales se han obtenido algunas medidas de centralidad y poder de cada sector. Para ello se utilizarán diferentes medidas de interdependencia y de poder de los diferentes sectores con la finalidad de identificar de esta manera los sectores claves de la economía aragonesa.

Como objetivo adicional, el trabajo pretende que, dada una determinada política o esfuerzo realizados desde la administración se consiga, mediante un problema de optimización, un reparto óptimo entre los diferentes sectores que refuerce las relaciones entre los mismos para que como primera meta, las exportaciones netas del total de la economía no sean deficitarias, que estén en equilibrio; y como segunda, reducir la carga impositiva que recae sobre los diferentes sectores con el fin de reducir sus costes. Se ha realizado también un análisis de la evolución de las relaciones entre los sectores desde 2008 hasta 2010, para de esta manera poder analizar la aparición de algún posible sector clave en los últimos años.

El modelo input-output recoge información de las relaciones entre los diferentes sectores, tanto de su flujo productivo como de sus relaciones con el exterior. En resumen, describe detalladamente el comportamiento de la estructura productiva de una región.

Sus principales funciones son el análisis de las relaciones entre los procesos de producción de las distintas ramas productivas, permite explicar el comportamiento de una economía ante distintos estímulos de la misma, distingue la oferta y la demanda de los diferentes productos...

La trascendencia del trabajo es que permitirá dar una imagen fiel y detallada de las relaciones sociales entre los distintos sectores productivos de Aragón. Asimismo, también se propondrá y resolverá un problema de optimización que pretenderá dar con un reparto de una política o esfuerzo ideal para poder potenciar los intercambios entre los sectores con los objetivos de maximizar las exportaciones netas de todos los sectores y reducir los impuestos que gravan la producción de los mismos; lo que permitirá hacerse una idea más real de la situación actual de la economía regional.

En cuanto a la estructuración, el trabajo estará dividido en diversos apartados. Primeramente, se comenzará con un marco teórico, en el que se pretende explicar de forma clara todos los conceptos usados en la realización del trabajo para poder facilitar la comprensión del mismo. Se continuará con una breve contextualización, en la que se citará un trabajo similar realizado en Asturias.

Más adelante se procederá a describir la metodología, donde se explicará de manera concienzuda el proceso seguido para la realización de este trabajo, los diferentes pasos que se han llevado a cabo, qué problemas se han encontrado y cómo se han resuelto.

En cuarto lugar habrá un apartado del propio trabajo de investigación, el trabajo en sí mismo, donde se expondrán las tablas, grafos y gráficas resultantes de los diferentes estudios, así como los resultados y la interpretación de los mismos

El trabajo finalizará con una breve conclusión de los resultados obtenidos tras los diferentes estudios.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS INPUT-OUTPUT

El modelo input-output fue desarrollado por Wassily Leontief (1941), quien recibió el Premio Nobel de Economía en 1973 por su contribución con dicho análisis. Otros autores hablaron con anterioridad del equilibrio de una economía (François Quesnay, Leon Walras), pero fue Leontief el primero en plasmarlo en términos matemáticos, en concreto, para la economía estadounidense. Su trabajo fue divulgado en los años cincuenta y se popularizó en los sesenta con la aparición de los primeros ordenadores.

Su pilar básico son las tablas estadísticas input-output, gracias a las cuales puede utilizarse en investigación económica aplicada. Supone el soporte estadístico del modelo, ya que describe el flujo de bienes y servicios entre los diferentes sectores dentro de una economía.

Una aplicación inmediata de las tablas input-output son los Modelos de Equilibrio General Aplicado (MEGA), que fijan unos precios y unas cantidades de equilibrio para una economía.

La herramienta permite saber cómo cualquier cambio en un sector o industria afecta al resto de sectores o industrias. Gracias al análisis input-output podemos medir las consecuencias tanto macroeconómicas como microeconómicas de una determinada actuación. Refleja las repercusiones globalmente y permite desagregar dichos efectos.

Tabla 1. Estructura Input-Output. Elaboración propia

Sectores	1	2	...	n	Demanda Intermedia	Demanda Final	Total Empleos
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	$\sum x_{1j}$	D_1	$x_1 = D_1 + \sum x_{1j}$
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	$\sum x_{2j}$	D_2	$x_2 = D_2 + \sum x_{2j}$
⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
N	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	$\sum x_{nj}$	D_n	$x_n = D_n + \sum x_{nj}$
Consumos Intermedios	$\sum x_{i1}$	$\sum x_{i2}$...	$\sum x_{in}$	$\sum \sum x_{ij}$	$\sum D_i$	$\sum x_{nj}$
Valor Añadido Bruto	V_1	V_2	...	V_n	$\sum V_j$		
Impuestos	T_1	T_2	...	T_n	$\sum T_j$		
Producción Bruta	P_1	P_2	...	P_n	$\sum P_j = \sum \sum x_{ij} + \sum V_j + \sum T_j$		
Importaciones	M_1	M_2	...	M_n	$\sum M_j$		
Total Recursos	x_1	x_2	...	x_n	$\sum x_j = \sum M_j + \sum P_j$		

Con la intención de hacer más sencilla la explicación de la tabla Input-Output se ha decidido simplificarla combinando algunas filas o algunas columnas; sin embargo, para el trabajo se utilizará la tabla al completo.

La tabla facilita distinta información a través de filas y de columnas y, además, se han resaltado tres zonas que serían:

- Actividad productiva (Amarillo): Muestra la producción de cada sector que los demás utilizan como input. Las filas serían las ofertas de cada sector que utilizan los demás y las columnas la demanda de inputs de cada sector a los demás. Así pues, x_{23} sería la cantidad de input que el sector 3 demanda del sector 2 o la producción del sector 2 que utiliza el sector 3 como input.
- Demanda final (gris): Se trata de la producción de cada sector destinada a consumo final, inversión o exportaciones.

- Valor Añadido e Impuestos (azul): Refleja los pagos realizados a los factores productivos (salarios, Excedente Bruto de Explotación...) y la recaudación por parte del Estado.

Como se ha mencionado anteriormente, la tabla puede leerse bien sea por filas o por columnas. El significado de cada fila sería:

- En las filas del primer bloque, desde “1” hasta “n”, se detalla el destino de la producción de cada sector. Por ejemplo, en la fila “1”, se especifica qué cantidad de su producción termina utilizándose como inputs de los demás sectores, el total de su producción que termina convirtiéndose en input, la cantidad que se dedica a demanda final y la producción total.
- La fila de “Consumos intermedios” se refiere al total de inputs que utiliza cada sector de los demás, así como al total de inputs, de demanda final y, por consiguiente, de producción de la economía.
- Las filas de “Valor Añadido Bruto” y la de “impuestos” conforman por sí solas un bloque, visto anteriormente. Normalmente, suelen estar desagregadas en los distintos pagos hechos a los factores, así como el capital y el trabajo y en los diferentes impuestos recaudados por parte del Estado respectivamente.
- La “Producción Bruta”, como se muestra en la última celda de la fila, es la suma de las tres filas anteriores, “Impuestos” + “Valor Añadido Bruto” + “Consumos Intermedios”.
- Las “Importaciones” también se han simplificado. Son las importaciones realizadas por cada sector y se desagregarían según la procedencia de las mismas, ya sea desde el resto de España, desde países de la Unión Europea, o desde el Resto del Mundo.
- El “Total Recursos” sería la suma de las “Importaciones” y de la “Producción Bruta”.

Por columnas, la tabla se leería de la siguiente manera:

- Las n primeras columnas muestran los datos relativos a cada sector y en cada fila nos daría la información que se acaba de detallar.
- La “Demanda Intermedia” nos detalla la demanda que cada sector precisa de los demás.

- La columna de “Demanda Final” estaría también simplificada pues indica la cantidad de producción que los demás sectores no utilizan como input, es decir, que se dedica a consumo final, inversión o exportaciones. Se desagregaría en los diferentes tipos de consumo final, de inversión y según el destino de las exportaciones.
- Los “Empleos”, como muestra la tabla, sería la suma de las dos columnas inmediatamente anteriores.

Además de ello, cada celda también estaría dividida en otras tres, una primera para los inputs realizados en la región, una segunda para los inputs importados y una tercera que sería la suma de todos ellos y que es la que aparece en esta tabla.

2.2 TEORÍA DE REDES: ANÁLISIS DE REDES SOCIALES.

El Análisis de Redes Sociales permite conectar a los individuos de una sociedad con las estructuras resultantes de sus interacciones entre ellos mismos. Trata de estudiar el comportamiento a nivel de relación individual de los diferentes actores en la sociedad para luego trasladarlo a un nivel general; es decir, trata de hacer un estudio microeconómico para luego llevarlo a un marco macroeconómico.

Estudia la estructura que surge cuando diferentes organizaciones o individuos interaccionan entre ellos a través de diferentes procesos. La estructura que surge es una red social. Las redes sociales nos permiten agrupar a los diferentes actores presentes en una sociedad, para poder atribuir diferentes propiedades a los individuos u organizaciones. Estas propiedades permiten comprender e incluso llegar a predecir mejor los resultados de la acción humana.

La idea principal del Análisis de Redes Sociales es que las diferentes relaciones entre los individuos u organizaciones pueden llegar a tener un impacto sobre sus propias acciones o comportamientos. El objetivo del Análisis de Redes Sociales no es otro que analizar este último hecho, los cambios en las conductas de los actores en función de sus relaciones entre ellos mismos.

En resumen, la teoría de redes sostiene que no sólo el comportamiento de individuos y organizaciones afecta a la estructura de las redes sociales, sino que es

bilateral, pues dicha estructura puede afectar a los actores para cambiar sus conductas y modificar de esta manera de nuevo la red social... Y así sucesivamente.

Este trabajo también utiliza la grafos ya que supone un apoyo muy útil para la representación del Análisis de Redes Sociales dado que permite analizar muchas propiedades de las estructuras sociales; además de ofrecer métodos matemáticos para poder medir dichas propiedades.

En una red existen dos conjuntos de información. Por una parte se tienen los nodos y por otra las líneas o aristas que unen dichos nodos. En este caso en concreto, los nodos serían los diferentes sectores de la economía aragonesa y las aristas serían los intercambios que realizan dichos sectores entre sí.

Los grafos o redes también son representaciones gráficas de matrices subyacentes, es decir, matrices donde se ponen los nodos en los ejes de la tabla y las aristas en las celdas donde convergen los nodos. Esta representación puede ayudar en el caso de tener un número muy pequeño de datos, pero en este trabajo, al trabajar con un gran volumen de datos, los resultados pueden verse más claramente mediante un análisis gráfico.

2.3 PROPIEDADES DE LAS REDES SOCIALES: CENTRALIDAD Y PODER. ÍNDICES DE EIGENVECTOR CENTRALITY Y BONACICH

2.3.1 Centralidad y Poder

Gracias a la Teoría de Grafos existe la posibilidad de calcular distintas medidas o propiedades en una red social. En el trabajo se usan dos, la centralidad y el poder de los diferentes nodos (sectores) de la red. Mediante estos dos índices se puede calcular la importancia de cada sector de una manera diferente, en función de las relaciones directas e indirectas que establece cada nodo.

La **centralidad** describe la importancia de un sector en función de las conexiones de sus relaciones. Cuantas más conexiones tengan sus relaciones, más alto será el índice de centralidad del sector. Así pues, un individuo cuyas relaciones tengan una gran cantidad de conexiones tendrá una centralidad más elevada que un sector cuyas relaciones tengan pocas conexiones. Por lo que un individuo cuyas relaciones directas tengan muchas conexiones será más central porque será capaz de relacionarse indirectamente con más sectores a través de sus conexiones.

El **poder de un sector** mide exactamente lo contrario. Se basa en que un individuo será tanto más poderoso cuantas menos relaciones tengan sus conexiones directas; es decir, si las relaciones de las conexiones directas de un individuo son escasas, éste será más poderoso, pues sus relaciones se verán obligadas a interactuar más con él.

Con un ejemplo muy sencillo puede llegar a entenderse perfectamente: dos amigos tienen cinco amigos cada uno, pero los amigos del primero no conocen a nadie más mientras que los amigos del segundo tienen cinco conexiones más cada uno. Es obvio que el segundo de los dos amigos iniciales debería tener un índice de centralidad más alto, pues sus conexiones son más potentes. Sin embargo, el primero será el que tenga un índice de poder más alto, pues sus amigos recurrirán siempre a él cuando necesiten algo porque no tienen nadie más a quién acudir.

2.3.2 Índice de Eigenvector Centrality

El Índice de Centralidad de vector propio es una medida de centralidad que se basa en el porcentaje de entidades conectadas a la que se está estudiando, tanto directamente como indirectamente. Este índice sólo tiene en cuenta el número de conexiones de cada sector, no centrándose en el peso de las mismas. Es decir, da un valor numérico de la centralidad de cada nodo basándose en el número de relaciones, pero no en la cantidad de inputs u outputs intercambiada.

Éste índice proporciona un valor entre cero y uno, siendo los valores más cercanos a la unidad los más centrales y los más cercanos a cero aquellos cuya centralidad es menor.

El programa utilizado para representar los grafos calcula este índice de manera automática.

2.3.3 Índice de Bonacich

El Índice de Bonacich mide la centralidad y el poder de una forma algo menos convencional. Se fija, como se ha mencionado anteriormente, en las relaciones que puedan tener las conexiones directas de cada individuo. Esto es lo que mide el Índice de Bonacich, la importancia de las relaciones de cada sector y asigna un valor a cada sector en función de su posición.

Se trata de resolver un sistema de ecuaciones en el que, siendo 'n' el número de nodos que posee la red, se parte de n+1 ecuaciones y otras tantas incógnitas. El sistema, en forma matricial, sería expresado de la siguiente manera:

$$c(\alpha, \beta) = \alpha(I - \beta R)^{-1} R i \quad (1)$$

$$\sum_i c_i(\alpha, \beta)^2 = n \quad (2)$$

De la expresión (1) se obtienen las n primeras ecuaciones en las que se encuentran las n+1 incógnitas. Éstas serán el índice de Bonacich de cada sector ($c_i(\alpha, \beta)$) y el α . La ecuación (2) indica que la suma del cuadrado de todos los índices es igual al número de sectores, por lo que se añade una ecuación y ninguna incógnita. Se trata de despejar el α de esa ecuación (2), llevarlo al sistema de ecuaciones (1) e ir resolviendo el índice para cada sector.

El resto de los valores que aparecen en las expresiones son los siguientes:

- β : es un parámetro que refleja la centralidad. Tiene tres opciones:
 - $\beta > 0$: relaciona de manera directa el grado de relaciones de cada sector y el nivel de sus conexiones.
 - $\beta < 0$: se utiliza para medir el poder. Cuanto menor sea el número de conexiones de un sector, mayor será su poder.
 - $\beta = 0$: sólo tiene en cuenta las relaciones directas.
- α : es un escalar para normalizar los resultados, de manera que la suma del cuadrado de todos los índices dé como resultado el número de sectores.
- I: es una matriz identidad, que tendrá n filas y columnas.
- R: se trata de la matriz de adyacencia. Es decir, la matriz de relaciones del modelo input-output pero en la que se sustituyen las celdas cuyo valor es mayor que cero por un "1" y las que son cero se dejan igual. De esta manera,

si hay alguna relación se ve reflejada con un “1” en la matriz de adyacencia y, de no haberla, simplemente se pone un “0”.

- i : es un vector columna de unos.

El índice de Bonacich será capaz de medir centralidad o poder en función del valor que se le otorgue a β ; si éste es positivo, como se menciona anteriormente, valora positivamente las relaciones de cada sector, por lo que se convertirá en un índice de centralidad. Sin embargo, si se le otorga un valor menor que cero, relaciona indirectamente el valor del índice con el número de conexiones indirectas, por lo que representa un índice de poder.

2.4 OPTIMIZACIÓN

Por último, en el trabajo se propone un problema de optimización para conseguir averiguar cuál sería la distribución ideal en torno a todos los sectores productivos de la economía aragonesa, dado un esfuerzo o una política en concreto por parte de la administración.

Esto se consigue mediante la decisión multicriterio. Se trata de, ateniéndose a dos o más objetivos, conseguir la solución óptima al problema y, de no conseguirse, minimizar la distancia por la que no se llega a la situación óptima. Como en todos los problemas de maximización o minimización, también hay que tener en cuenta unas determinadas restricciones.

Existen diversas maneras de solucionar problemas de decisión multicriterio. En el trabajo se ha seguido la programación por metas, que consiste en describir los objetivos y ordenarlos por prioridad. Así pues, el primer objetivo será el prioritario y los que vengan después quedarán supeditados al mismo. En este caso sólo hay dos metas, por lo que la primera es la principal, quedando la segunda subordinada al primer objetivo. La resolución del segundo propósito no puede empeorar la primera solución y, de hacerlo, la situación final sería la descrita por el primer resultado.

3. CONTEXTUALIZACIÓN

La idea del trabajo nace a partir de un estudio similar que elaboró la Universidad de Oviedo¹, en el cual se analizaba la estructura sectorial de Asturias, y terminaban calculando unos índices de poder y de cercanía para todos los sectores de la comunidad.

Se decidió que podría hacerse un estudio parecido para la región de Aragón, añadiendo un breve apartado de evolución y mejorando la representación de los grafos con el objetivo de, siendo el número de sectores mucho más elevado, facilitar la comprensión de los mismos.

El estudio asturiano se queda allí, pero se decidió ir un poco más allá y proponer un problema mediante el cual, basándose en los índices ya calculados, se encuentre un reparto óptimo de una política tomada desde la administración para eliminar el saldo deficitario de las exportaciones netas para la economía aragonesa reforzando las relaciones estudiadas anteriormente.

De esta manera, se pretende dar una utilidad práctica a un estudio teórico, para poder observar la importancia de este estudio y, mediante las justificaciones pertinentes, darle una aplicación visible a un trabajo meramente teórico.

¹ GARCÍA, ÁLVAREZ Y RAMOS (2003)

4. METODOLOGÍA

4.1 DATOS

Para comenzar el estudio es necesario obtener los datos del modelo input-output para la región de Aragón. Buscando en varias bases de datos, los datos de este modelo más actualizados databan de 2005. Más adelante se encontró un Trabajo de Final de Máster² cuyo objetivo no era otro sino actualizar los datos existentes de este modelo para los años 2008, 2009 y 2010. Así pues, ante la imposibilidad de encontrar datos más actuales, se han obtenido del citado trabajo, por lo que el estudio se ha realizado con los datos de 2010; además de añadir un pequeño análisis de la evolución de los tres años citados.

Una vez obtenidos los datos, sólo se usarán la parte de los intercambios entre los diferentes sectores para representarlos en grafos y hallar los diferentes índices anteriormente explicados. Con ellos también se analizará brevemente la evolución de los sectores para el periodo comprendido entre 2008 y 2010.

Las exportaciones netas (exportaciones menos importaciones) se usarán en la última parte del estudio para, mediante el problema de optimización, conseguir un saldo positivo de las mismas; y los impuestos, como segunda parte del problema de multicriterio, con el fin de minimizarlos para reducir los costes de cada sector.

4.2 ANÁLISIS DE DATOS

Una vez se tienen los datos, se procede a representarlos mediante grafos. La herramienta utilizada ha sido Gephi³. En el programa simplemente cargando los nodos (los sectores, como se ha explicado en el marco teórico) y las aristas (los intercambios), se configura el grafo para dejarlo lo más claro posible y poder hacer visibles las relaciones ocultas que puedan existir en un grafo con un tamaño tan grande de datos para poder analizarlas posteriormente. El mismo programa calcula una serie de indicadores de centralidad y de poder.

² LANGARITA TEJERO, R (2013)

³ Descargado desde la web Gephi.org

Para facilitar la comprensión de los grafos, el tamaño de los nodos y el color de los mismos se han variado dependiendo de los índices calculados anteriormente; así como el grosor de las aristas en función de su peso.

Gephi calcula todos los índices menos el de Bonacich. Se ha procedido a su cálculo mediante Excel. En el marco teórico se ha descrito con precisión el funcionamiento del índice, así como la manera de calcularlo.

Mediante operaciones con matrices en Excel, se calcula el coeficiente que le corresponde a α para cada β . Una vez obtenido, se suma el cuadrado de los coeficientes para los 61 sectores y se iguala al número total de nodos. De esta manera se calcula α (resultante de una ecuación de segundo grado), que es única para todos los sectores, igual que β ; y a partir de ahí se pueden calcular uno a uno los índices para todos los nodos.

El Índice de Bonacich es capaz de medir centralidad y poder dependiendo del signo que se le otorgue a β ; si bien esta puede tener un valor comprendido entre -1 y 1. Cuanto más cerca esté de -1, mayor será la penalización que se conceda a las conexiones indirectas. Y viceversa, cuanto más cercano esté el valor de β a 1, tanto mayor será la relación entre el valor del índice y las conexiones indirectas, por lo que resultará un índice de centralidad más potente.

Como suele hacerse normalmente, en este trabajo se han escogido los valores de -0'5 y de +0'5 para calcular ambos índices.

4.3 TABLAS

Una vez calculados todos los índices de los tres años, existe la posibilidad de exportar las tablas resultantes desde el mismo programa Gephi, donde aparecerán el listado de sectores, el código que se les ha asignado y todos los índices calculados.

A continuación, se eligen los índices que se van a usar, en este caso, el de Bonacich (que estará calculado como se explica en el apartado anterior), y el de Eigenvector Centrality. Se utiliza una tabla para cada uno y se ordenan de mayor a menor valor del índice para poder averiguar, en cada caso, los sectores con un índice de centralidad más

alto (y más bajo) y los más y menos poderosos. Como hay datos para el período desde 2008 a 2010, se calculan los índices para los tres años y, de esta manera, poder analizar la evolución de los mismos, así como la aparición de sectores que ganan mucha centralidad o que se convierten en muy poderosos.

Las tablas, al mostrar datos para los 61 sectores, se hacen muy grandes y muy pesadas para la lectura del trabajo, por lo que se ha optado por insertar sólo los sectores más y menos relevantes en cada caso. Las tablas completas se añadirán en los anexos.

4.4 PROBLEMA DE DECISIÓN MULTICRITERIO

Antes de comenzar a programar, se ha creado una base de datos con todos los datos necesarios para el problema. En ella se introducen el código de cada sector (Id), su nombre (Label), el total de sus exportaciones (X), el total de sus importaciones (M), su índice de poder de Bonacich (B) y los impuestos correspondientes a cada sector (T). Se añade además una columna con el porcentaje (P) en el que cada sector quedaría beneficiado de un esfuerzo por parte de la administración; columna que se dejará vacía, puesto que el propio programa, cuando ejecute las órdenes programadas para resolver el problema, exportará directamente en dicha columna la solución ideal.

El propio lenguaje tiene una función para leer las variables y exportar la solución de manera sencilla, teniendo simplemente que agregar la base de datos como origen de datos predefinida y luego hacer referencia a la misma y a las variables a leer o exportar en el código.

Una vez cargados los datos, simplemente hay que resolver un problema de minimización, en el que se pretende eliminar el saldo deficitario de las exportaciones netas. Se trata de, en caso de no llegar a tener un saldo 0, minimizar la distancia a la que se queda del objetivo, no importando si se pasa de largo. Para ello, se han de imponer las restricciones pertinentes con el fin de que no aparezca ningún error y todo el problema tenga sentido.

Como su propio nombre indica, un problema de decisión multicriterio implica que la solución del mismo se basa en cumplir dos o más objetivos, que pueden ser o no asequibles. En este caso, se trata de un problema de optimización por metas, esto es, el programa se centra en alcanzar una meta primero, y después una segunda, que podrá o no

mejorar la primera solución. Si mejorase el primer resultado, este segundo sería el final. Si, por el contrario, la solución resultante fuese inferior a la primera, la segunda meta no sería alcanzable, por lo que la situación óptima sería la alcanzada en la primera meta.

La primera y principal meta, como se ha especificado anteriormente, es eliminar el déficit de las exportaciones netas para la región de Aragón. Con la segunda meta se pretende minimizar los impuestos de cada rama con el fin de ahorrar costes y poder otorgar así una mayor flexibilidad a los diferentes sectores.

5. DESARROLLO DEL TRABAJO

5.1 DATOS

Para la primera parte del trabajo, la representación de los intercambios en grafos, sólo se necesita la parte de los intercambios entre los diferentes sectores. Como gracias al Trabajo Final de Máster se tienen datos para los años de 2008, 2009 y 2010; se utilizarán los datos de los tres años, para poder ver de esta manera una pequeña evolución de los intercambios de los sectores, así como de los diferentes índices anteriormente explicados. De esta manera se consigue extraer una imagen de las relaciones intersectoriales independiente y plasmar la importancia del poder o de la centralidad de los diferentes sectores y, gracias a la evolución, poder identificar la aparición de algún sector clave en la economía aragonesa para ese periodo de tiempo.

Para poder mostrar los datos en grafos, las relaciones intersectoriales han de representarse en una tabla de 3721 filas por 3 columnas, esto es; reproducir en una tabla los intercambios entre todos los sectores uno a uno, primero del S01 con él mismo, luego el S01 con el S02... Y así sucesivamente. Esto no es sino describir el nodo de salida del intercambio, el nodo de llegada, y el peso de la relación en cuestión.

5.2 CONSTRUCCIÓN DE LA RED

El primer objetivo, entonces, es mostrar dichas relaciones intersectoriales en grafos, para hacer más visibles los intercambios. Los grafos se van a construir con un programa informático llamado “Gephi”.

Para empezar, se han de cargar primero los nodos en el programa, los diferentes sectores productivos, con su código (Id) y su nombre completo (Label). Una vez creados los nodos, se importan las aristas, que son las flechas que unen los diferentes sectores. En este caso, se ha de especificar el origen de la arista, el destino y el peso. En las tablas de cada año se han eliminado todas las aristas cuyo peso era 0, es decir, donde no había ningún intercambio; pues el programa, pese a tener una cantidad nula, lo interpreta como una arista más y la incorpora al grafo.

Se repite el proceso para los tres diferentes años y se obtienen los grafos de todas las relaciones intersectoriales para la región de Aragón. El grafo resultante es el que aparece por defecto en el programa, por lo que se tienen que aplicar diversos filtros para hacerlo más visible y fácil de comprender.

Con el fin de mejorar aún más la visibilidad y la comprensión de los grafos, se han configurado los nodos y las aristas en función de su importancia y magnitud de la siguiente manera:

- Para los nodos, se ha modificado el color, el tamaño y las dimensiones de la etiqueta. El color se ha modificado en función del índice de modularidad, que clasifica los datos en diferentes grupos en función de su centralidad; encuentra índices de centralidad similares y los agrupa, asignándole un color determinado a cada grupo. El tamaño de los nodos es proporcional a su centralidad y al peso de los intercambios del sector, por lo que los nodos de los sectores serán tanto más grandes cuanto más centrales y mayor volumen de intercambios tengan. Y por último, el tamaño de la letra de su etiqueta, donde se indica el nombre de cada sector, será proporcional al tamaño del nodo. Así pues, un sector muy central tendrá un tamaño mayor, una letra más grande y estará coloreado de un color distinto que un sector con un índice de centralidad pequeño. De esta manera se pueden identificar los nodos más centrales de la red de manera rápida y sencilla, pues el grafo se hace mucho más visible.
- Las aristas, por su parte, al tener sólo un atributo, tendrán un grosor mayor o menor en función del peso de la relación que representen. Esto es, si la relación entre dos sectores es muy grande, la arista que la representa tendrá un grosor mucho mayor que otra que represente un intercambio entre dos nodos prácticamente inexistente. Así, de un solo vistazo se es capaz de identificar las relaciones con mayor peso.

A continuación, se adjuntan los grafos que representan los intercambios entre sectores en la región de Aragón para los años 2008, 2009, 2010:

Figura 1: 2008, elaboración propia

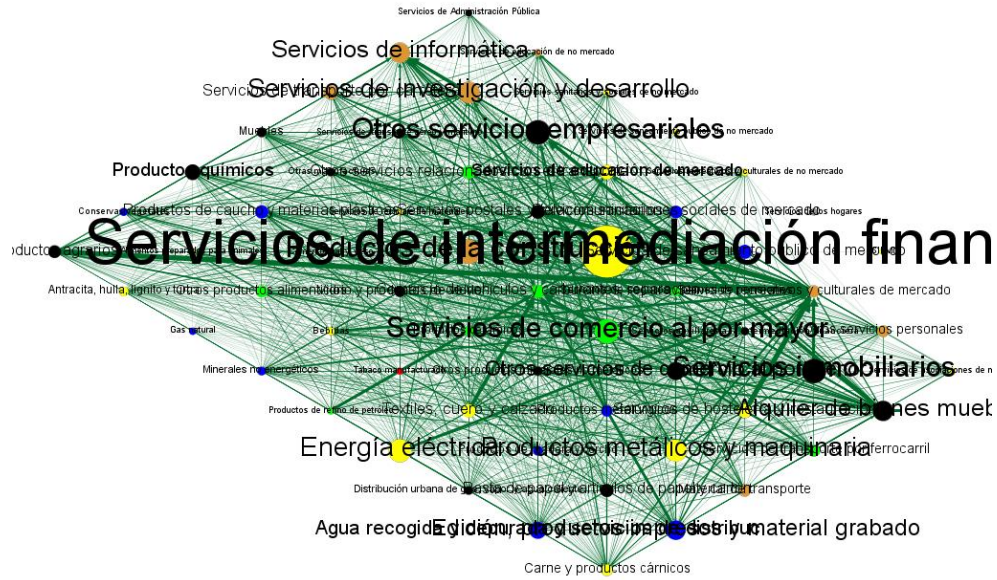


Figura 2: Año 2009, elaboración propia

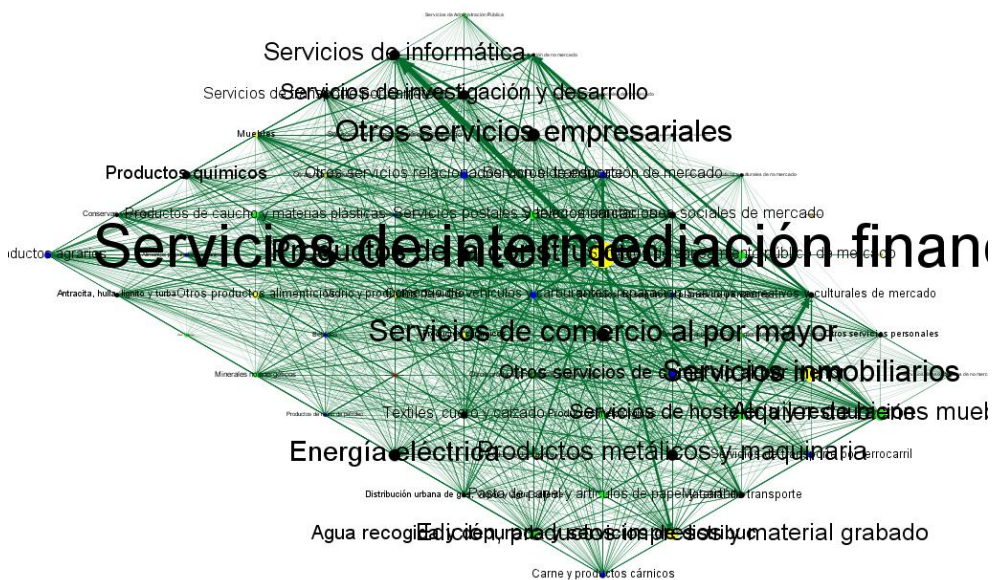
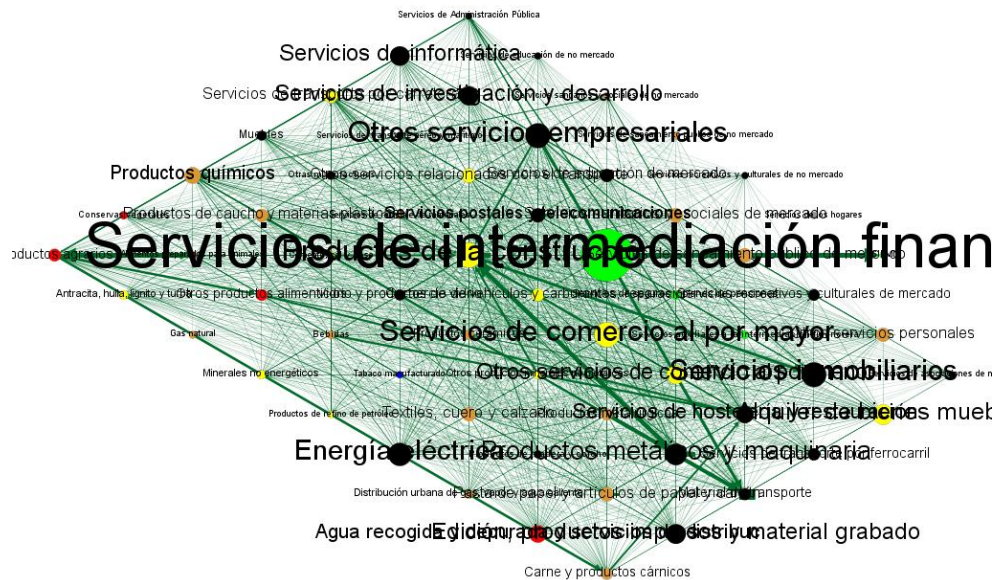


Figura 3: Año 2010, elaboración propia



La primera conclusión que se puede sacar de los grafos gracias a los diferentes filtros aplicados es inmediata. Los principales sectores productivos de la economía aragonesa durante el periodo comprendido entre 2008 y 2010 son siempre los mismos, aunque puedan ganar más o menos presencia, los sectores referentes quedan invariantes para todo el periodo.

Como se puede apreciar a simple vista, el sector más importante en los tres años es el de “Servicios de intermediación financiera”. Se mantiene como sector clave durante todo el periodo y con gran diferencia, pese a perder algo de importancia en 2009, pero la vuelve a recuperar en 2010.

Otro de los sectores que se mantiene constante a lo largo de los tres años es el de “Energía Eléctrica”. No llega a ser un sector tan importante como el de “Servicios de intermediación financiera” pero, ya que prácticamente el resto de los sectores requieren

de energía eléctrica para producir, es uno de los más centrales y de los que más intercambios realiza.

Por último, cabe destacar en este aspecto también al sector de “Servicios inmobiliarios”. Se podría llegar a pensar que debido a la grave crisis económica sufrida en 2008 y a cómo afectó al sector de la construcción, este sector se vería gravemente afectado pero, como bien se puede observar en la evolución, mantiene constante su importancia relativa y continúa situándose a la cabeza de la economía aragonesa.

Uno de los sectores que pierde importancia en el periodo y que se puede apreciar claramente en el grafo es el de “Servicios de investigación y desarrollo”. Este debería ser un sector clave y muy importante, pues todos los sectores deberían nutrirse de los avances realizados para poder conseguir avanzar y mejorar su situación a lo largo del tiempo. Pero contrariamente se puede observar que conforme avanzan los años va perdiendo importancia lenta pero continuamente. Pese a eso, sigue siendo uno de los sectores más centrales, aunque podría observarse más minuciosamente su evolución para seguir manteniéndolo a la cabeza de la economía y que esta involución no se convierta en una constante a lo largo del tiempo.

5.3 ÍNDICE DE EIGENVECTOR CENTRALITY

Se trata de un índice que expresa la centralidad de cada sector en la red y toma valores entre cero y uno. Se puede ver ligeramente su cuantía en los grafos, pero numéricamente se ve de una manera aún más clara. Debido al gran número de nodos y que se estudia la evolución de tres años, las tablas quedarían demasiado grandes, por lo que se ha decidido que sólo se indicarán los sectores con mayor y menor índice para cada uno de los tres años, añadiendo la tabla al completo en los anexos. Este índice sólo tiene en cuenta el número de relaciones, no el peso de las mismas, por lo que los resultados difieren ligeramente de los mostrados en los grafos; si bien la base principal coincide en ambas mediciones. La tabla para los tres años quedaría de la siguiente manera:

Tabla 2. Índice de Eigenvector Centrality 2008, elaboración propia

2008	
Servicios de investigación y desarrollo	S47 1.0
Otros servicios empresariales	S48 1.0
Productos de la construcción	S31 0.9999999999999998
Servicios inmobiliarios	S44 0.9999999999999998
Servicios de comercio al por mayor	S33 0.9999999999999996
Servicios de informática	S46 0.9864574918315375
Energía eléctrica	S06 0.9807383703917824
...
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07 0.5530446794250427
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58 0.3606704018791398
SIFMI	S61 0.02152714627207595
Gas natural	S03 0.0
Productos de refino de petróleo	S05 0.0
Tabaco manufacturado	S14 0.0
Servicios de los hogares	S60 0.0

Tabla 3. Índice Eigenvector Centrality 2009, elaboración propia

2009	
Productos de la construcción	S31 1.0
Servicios de comercio al por mayor	S33 1.0
Servicios inmobiliarios	S44 1.0
Otros servicios empresariales	S48 1.0
Servicios de informática	S46 0.9862645792678653
Energía eléctrica	S06 0.9805669536900995
Edición, productos impresos y material grabado	S18 0.9805452831027484
...

...
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	0.5557835834455601
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0.36310071544693634
SIFMI	S61	0.021731834154560422
Gas natural	S03	0.0
Productos de refino de petróleo	S05	0.0
Tabaco manufacturado	S14	0.0
Servicios de los hogares	S60	0.0

Tabla 4. Índice de Eigenvector Centrality, elaboración propia

	2010	
Servicios inmobiliarios	S44	1.0
Otros servicios empresariales	S48	1.0
Productos de la construcción	S31	0.9999999999999998
Servicios de comercio al por mayor	S33	0.9999999999999998
Energía eléctrica	S06	0.9806016388116049
Alquiler de bienes muebles	S45	0.9805920964002747
Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.9805920964002739
...
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	0.5532578633161876
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0.3612968000916456
SIFMI	S61	0.021672305796539146
Gas natural	S03	0.0
Productos de refino de petróleo	S05	0.0
Tabaco manufacturado	S14	0.0
Servicios de los hogares	S60	0.0

Lo que más llama la atención al mirar las tablas es la ausencia del sector de “Servicios de Intermediación Financiera” en los sectores con índices más elevados. Si bien sí que está presente en los principales sectores al ver las tablas completas, no aparece en los siete primeros para ninguno de los tres años. Esto sucede por lo explicado anteriormente; este nodo, además de tener un índice de Eigenvector Centrality muy elevado, tiene también un volumen de intercambios muy grande. Sin embargo, el peso de las relaciones, el volumen de cada intercambio, no se ve reflejado en estas tablas, sino solamente el número de conexiones.

Otra observación inmediata es que los sectores menos centrales son siempre los mismos para todo el periodo y aparecen en el mismo orden. Los cuatro últimos nodos siempre tienen un índice de centralidad nulo porque no realizan ningún intercambio con ningún otro sector. El nodo número 61, “SIFMI”, aparece siempre en el quinto último lugar con un índice muy inferior a los siguientes, pues sólo se relaciona con un sector, con los “Servicios de Intermediación Financiera”. El resto son algo más heterogéneos pero, al tener siempre unas demandas y unas ofertas muy concretas, su centralidad evoluciona muy poco a lo largo de los años.

También se puede ver, al igual que se observa en los grafos, cómo el sector de “Servicios de Investigación y Desarrollo” desaparece de los sectores punteros en centralidad. Si se miran las tablas completas, se puede apreciar que no desaparece de la parte superior de la tabla, pero sí de los puestos de cabeza. Lo mismo ocurre con el sector de “Servicios de Informática”. Pese a no tener una caída de importancia y seguir siendo sectores claves en la economía aragonesa, conviene no perder de vista la evolución de ambas ramas, ya que deberían seguir siendo punteras para poder conseguir unos índices de innovación y desarrollo tecnológicos mayores, claves en el desarrollo económico de un territorio.

En sentido contrario, aparecen en los primeros puestos los sectores de “Edición, productos impresos y material grabado” y de “Alquiler de bienes muebles” que, pese a aparecer entre los siete puestos de cabeza, ven reducido su índice de centralidad (aunque mínimamente). Es decir, aparecen por disminuciones en los índices de centralidad en los dos sectores comentados en el párrafo anterior.

5.4 ÍNDICE DE BONACICH

Mediante el Índice de Bonacich se puede observar tanto la centralidad como el poder de cada sector. Se ha elegido el Índice de Eigenvector Centrality como medida de centralidad al ser más fácil de interpretar y más claro por estar comprendido entre uno y cero.

Sin embargo, al no calcular Gephi ningún índice de poder, se ha realizado el cálculo de Bonacich para utilizar esta medida. La información mostrada es completamente nueva, pues los grafos tampoco indican ningún dato relacionado con el poder de los sectores.

Para que el Índice de Bonacich presente una medida de poder, el valor que se le asigna a β ha de ser menor que cero. Como se ha comentado anteriormente, el valor elegido es el de $\beta = -0,5$, como suele usarse normalmente, de tal manera que resulte una medida de poder neutra, puesto que un valor de β negativo muy cercano a cero mostraría un índice de poder muy débil, pues penalizaría muy poco la ausencia de relaciones de las conexiones directas; mientras que un β muy cercano a -1 daría como resultado todo lo contrario, una medida que penalizaría mucho la ausencia de conexiones indirectas, dando como resultado un índice de poder demasiado fuerte y que tergiversaría ligeramente la realidad.

De igual manera que en el apartado anterior, sólo se insertarán los sectores con los mayores y menores índices, añadiendo las tablas al completo en el apartado de anexos.

Tabla 5. Índice de Poder de Bonacich 2008 ($\beta = -0,5$), elaboración propia

	2008	
Muebles	S28	3.12032954
Productos cerámicos	S23	3.06346533
Alimentos preparados para animales	S11	2.29851171
Gas natural	S03	2.15317474
Otras manufacturas	S29	2.04868331
Conservas vegetales	S10	1.87126378
Servicios de reciclaje de materiales	S30	1.82087107
...

...
Otros productos alimenticios	S12	-0.56902042
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	-0.59826783
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc.	S08	-0.59826783
Energía eléctrica	S06	-0.62416209
Servicios de investigación y desarrollo	S47	-0.67707634
Productos de caucho y materias plásticas	S20	-1.17756316
Productos de madera y corcho	S16	-1.62455587

Tabla 6. Índice de Poder de Bonacich 2009 ($\beta = -0'5$), elaboración propia

	2009	
Productos cerámicos	S23	3.25717006
Muebles	S28	2.76820317
Alimentos preparados para animales	S11	2.24580642
Otras manufacturas	S29	2.15952614
Conservas vegetales	S10	1.97904552
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	1.95426663
Bebidas	S13	1.76077158
...
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc.	S08	-0.60623995
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	-0.60746423
Otros productos alimenticios	S12	-0.6309075
Energía eléctrica	S06	-0.70789208
Minerales no energéticos	S04	-0.98756588
Productos de caucho y materias plásticas	S20	-1.11068422
Productos de madera y corcho	S16	-1.95429091

Tabla 7. Índice de Poder de Bonacich 2010 ($\beta = -0'5$), elaboración propia

	2010	
Productos de madera y corcho	S16	1.73943052
Productos de caucho y materias plásticas	S20	1.38844562
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc.	S08	0.90087996
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	0.90087996
Alquiler de bienes muebles	S45	0.89167162
Energía eléctrica	S06	0.80627565
Otros productos alimenticios	S12	0.66636277
...
Bebidas	S13	-1.65430876
Otras manufacturas	S29	-1.68933988
Servicios de reciclaje de materiales	S30	-1.76938379
Alimentos preparados para animales	S11	-1.9468893
Gas natural	S03	-2.17928832
Productos cerámicos	S23	-2.75450185
Muebles	S28	-2.99253618

Gracias a este índice se pueden sacar dos conclusiones inmediatas y muy útiles. La primera y más importante es un gran cambio en la estructura productiva de Aragón de 2008-2009 (que se mantiene similar) a 2010. Prácticamente se han intercambiado los papeles y los sectores con menos poder se han convertido en los más poderosos, y viceversa, los que partían con los índices de poder más elevados ahora tienen los más bajos. Es decir, la tabla casi se ha invertido.

Una segunda conclusión es que, fijándose en el valor de los índices, destaca que éstos han descendido en lo general. Si se obtiene el valor promedio del índice de poder para los tres años, el resultado es el siguiente:

Tabla 8. Evolución del promedio Índice de Poder de Bonacich ($\beta = -0'5$)

Año	2008	2009	2010
Promedio	0.1961152	0.17563345	-0.04346967

Se puede observar en la Tabla 8 la evolución del promedio del Índice de Bonacich para verificar que, en efecto, el valor de los índices desciende a lo largo del periodo. Esto puede ser debido a que los diferentes sectores están mejor conectados entre sí en 2010 que en 2008 y 2009.

Estos dos drásticos cambios pueden ser resultado de la crisis económica que comenzó en 2008. Es probable que, ante una situación de recesión, haya sido necesario una mayor cooperación y comunicación entre los distintos sectores productivos, con el objetivo de hacer frente a la misma de una manera más unificada.

Por otra parte, se puede observar que los sectores más poderosos en el año 2010 son sectores más primarios, que producen materias primas o productos básicos, mientras que en el resto de años eran productos más elaborados. Quizás esto también sea resultado de la recesión, las preferencias han podido cambiar y se han inclinado hacia productos más básicos, intentando reducir los gastos en productos más elaborados. Puede también ser reflejo de un mal síntoma, puede ser indicador de que la economía aragonesa está retrocediendo y, lejos de seguir “terciarizándose”, en el que los nodos del sector servicios son los más influyentes, esté dando un paso atrás y los sectores primarios estén volviendo a ganar fuerza.

Que un sector sea más poderoso implica que sus conexiones tienen menos relaciones, por lo que el hecho de que el valor del índice disminuya puede significar dos cosas: o que el número de relaciones total ha aumentado, que no es el caso, puesto que el total de conexiones disminuye (aunque levemente); o que las relaciones se reparten más entre los diferentes sectores.

Parece que es esto último lo que ha ocurrido en el año 2010. Lo que supone que muchos sectores han ganado conexiones, los que menos relacionados estaban como se puede observar en el cambio de orden, pero que otros han perdido muchas de las conexiones que sí poseían en años anteriores.

5.5 DECISIÓN DE POLÍTICAS ÓPTIMAS

Como se ha mencionado anteriormente, se trata de un problema de multicriterio, es decir, como su propio nombre indica, se intentará optimizar una solución atendiendo a más de una característica. Se ha apostado por realizar un problema de programación por metas, donde se establecen los objetivos deseados, se ordenan por la importancia otorgada a cada uno y el programa tratará de resolver el problema consiguiendo las metas en el orden formulado.

El problema que se ha planteado es que, dada una política o un esfuerzo por parte de la administración, en qué porcentaje de ese esfuerzo o política debería salir beneficiado cada sector para cumplir los diferentes propósitos propuestos.

En este caso, se ha decidido que el programa tratase de ajustar el saldo de las exportaciones netas como primer objetivo, pues para el año 2010 presentaban un déficit de más de 300 millones. La segunda meta intentará reducir los impuestos a los diferentes sectores con la finalidad de reducir sus costes, pero siempre sin empeorar el resultado del primer objetivo.

Como es lógico, para cada problema debe haber unas determinadas restricciones que provoquen que el resultado sea coherente y que mejore la situación actual. Las restricciones para el primer problema valen también para el segundo:

- La primera restricción es que la suma total de las proporciones en las que cada sector se ve beneficiado sea del 100% (1).
- La segunda también es obvia, pues la situación final ha de mejorar la inicial. Es decir, que el total de las exportaciones netas tras la actuación no puede ser inferior al inicial si no se cumple el objetivo. Si se parte de un déficit algo superior a los 300 millones de euros, tras la aplicación de la política, de no conseguir un equilibrio o un balance positivo, el saldo no debe ser inferior a esa cifra. De serlo, no se realizaría el esfuerzo.
- La tercera tiene que ver con la igualdad. Atendiendo a los índices de poder, se piensa premiar a aquellos sectores con un Índice de Bonacich de poder positivo, pues se consideran claves en la economía ya que los nodos con los que se relaciona directamente tienen que acudir a estos sectores con mayor frecuencia, por lo que cuanto más potentes sean éstos, más intercambios serán capaces de ofrecer a los sectores menos poderosos

Para el segundo objetivo, las restricciones son las mismas con la salvedad de que la segunda, en vez de mejorar el saldo deficitario de 300 millones, ha de mejorar el resultado obtenido tras el primer problema. De no conseguirlo, esta segunda meta no sería alcanzable, por lo que el resultado final sería obtenido tras el problema anterior.

Al definirse anteriormente los problemas de decisión multicriterio, el objetivo es minimizar la distancia por la que no se cumple el objetivo. Si se cumple, ésta será cero. Así pues, las metas han de proponerse en las restricciones, incluyendo en las mismas las distancias.

Tras la realización del primer problema, sale una distribución de la política que se adjuntará a continuación y unas exportaciones netas finales que, no sólo han alcanzado el equilibrio, sino que tienen un saldo superavitario de 30 millones. Con estos datos se procede a realizar la segunda meta que, tras programar la función objetivo y las restricciones, da como resultado que no hay una solución que no empeore los resultados obtenidos en el primer objetivo, lo que quiere decir que no es una meta alcanzable. Así pues, como el primer objetivo era el de eliminar el saldo deficitario de las exportaciones netas, prevalece sobre el segundo; siendo el reparto final el obtenido tras la resolución de la primera parte del problema.

El resultado final es una situación óptima, el máximo alcanzable con un esfuerzo dado y el reparto que se adjuntará a continuación. Así pues, en función del tipo de política o de la cuantía de la misma, el resultado puede variar y no llegar a ese superávit de 30 millones y, tal y como se formula el problema, no superará esa cifra.

Los sectores productivos en Aragón quedarían beneficiados por un esfuerzo por parte de la administración en la siguiente proporción:

Tabla 9. Proporción en la que cada sector quedaría beneficiado por un esfuerzo desde la administración tras el problema de optimización

Sector	ID	P		
Productos agrarios	S01	0.00%	Productos de refino de	S05 0.00%
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	0.00%	petróleo	
Gas natural	S03	0.00%	Energía eléctrica	S06 3.78%
Minerales no energéticos	S04	2.55%	Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07 1.93%

Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08	4.22%	Muebles	S28	0.00%
Carne y productos cárnicos	S09	1.15%	Otras manufacturas	S29	0.00%
Conservas vegetales	S10	0.00%	Servicios de reciclaje de materiales	S30	0.00%
Alimentos preparados para animales	S11	0.00%	Productos de la construcción	S31	2.86%
Otros productos alimenticios	S12	3.12%	Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	2.86%
Bebidas	S13	0.00%	Servicios de comercio al por mayor	S33	2.86%
Tabaco manufacturado	S14	0.00%	Otros servicios de comercio al por menor	S34	2.81%
Textiles, cuero y calzado	S15	0.00%	Servicios de hostelería y restauración	S35	2.86%
Productos de madera y corcho	S16	8.15%	Servicios de transporte por ferrocarril	S36	2.81%
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17	0.00%	Servicios de transporte por carretera	S37	2.81%
Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.69%	Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	2.81%
Productos químicos	S19	2.86%	Otros servicios relacionados con el transporte	S39	2.81%
Productos de caucho y materias plásticas	S20	6.50%	Servicios postales y telecomunicaciones	S40	2.81%
Cemento, cal y yeso	S21	0.00%	Servicios de intermediación financiera	S41	2.90%
Vidrio y productos de vidrio	S22	0.00%	Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	2.81%
Productos cerámicos	S23	0.00%	Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	0.00%
Otros productos minerales no metálicos	S24	0.00%			
Productos metalúrgicos	S25	0.61%			
Productos metálicos y maquinaria	S26	2.86%			
Material de transporte	S27	3.10%			

Servicios inmobiliarios	S44	2.86%	Otros servicios	S53	0.00%
Alquiler de bienes muebles	S45	4.18%	personales		
Servicios de informática	S46	2.81%	Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0.00%
Servicios de investigación y desarrollo	S47	0.29%	Servicios de Administración Pública	S55	0.00%
Otros servicios empresariales	S48	2.86%	Servicios de educación de no mercado	S56	0.00%
Servicios de educación de mercado	S49	2.86%	Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0.00%
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	2.86%	Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0.00%
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	4.22%	Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0.00%
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	1.54%	Servicios de los hogares	S60	0.00%
			SIFMI	S61	0.00%

Se puede observar cómo los sectores más beneficiados por una política determinada son los que tienen un mayor índice de poder, como se ha especificado en la tercera restricción. Aquellos nodos cuyo Índice de poder es negativo o nulo tienen un porcentaje igual a cero porque se entiende que se verían beneficiados por el esfuerzo mediante sus relaciones o sus intercambios con los sectores que sí que tienen asignado un porcentaje mayor que cero.

Pese a que pueda haber algún nodo con un índice de poder muy superior al resto, éste no se vería beneficiado con un porcentaje mucho mayor porque con la tercera restricción se intenta que haya una igualdad entre todos los sectores. Si un nodo fuese muy beneficiado, quedaría muy descompensado tanto él como sus relaciones directas, quedando menos porcentaje para aquéllos cuyos índices, siendo positivos, se les atribuye una proporción mucho más baja. Crearía una desigualdad que no sería compatible con la

restricción que se ha impuesto. Como resultado se obtiene un reparto muy similar entre los sectores con índices positivos.

Por último, destacar que, como se expresaba en la primera restricción, la suma de todos los porcentajes tiene como resultado el 100% de la política. Por lo que el reparto es completo.

El modelo matemático utilizado, pese a haber sido descrito anteriormente, ha sido el siguiente:

P1:

Min dmenos

s. a:

$$\sum_i p_i = 1$$

$$\sum_i ((1 + p) * (X - M)) + dmenos - dmas = 0$$

$$Si B > 0 \rightarrow p > \left(\frac{1}{n}\right) * B$$

P2:

Min dmenos2

s. a:

$$\sum_i p_i = 1$$

$$Si B > 0 \rightarrow p > \left(\frac{1}{n}\right) * B$$

$$\sum_i (p_i T_i) + dmenos2 - demas2 = 0$$

$$\sum_i ((1 + p) * (X - M)) \geq dmas$$

Siendo p_i el porcentaje en el que cada sector se ve beneficiado por la política, X y M las exportaciones y las importaciones respectivamente, B el valor del índice de Bonacich para cada sector, n el número de sectores con un índice de Bonacich mayor que cero, dmenos y dmas variables creadas que representan la distancia por la que no se llega

al objetivo o por la que se pasa (al igual que $d_{\text{menos}2}$ y $d_{\text{más}2}$). T, por su parte, significa los impuestos a los que ha de hacer frente cada sector.

P1 y P2 indican el orden de prioridad de las metas. Así P1 sería el primer objetivo, el de eliminar el saldo deficitario de las exportaciones netas. P2 sería el segundo objetivo, de reducir los impuestos, que estaría sometido al primero.

Como se ha comentado anteriormente, el objetivo es minimizar la distancia por la que no se cumple el objetivo. En el primer caso, d_{menos} . Las restricciones coinciden con las descritas en este mismo apartado: la primera, que el total de los porcentajes ha de sumar el 100%; la segunda, que no se puede empeorar la situación inicial y que describe el objetivo de conseguir equilibrio en las exportaciones netas y; por último, la restricción de igualdad, en la que para todos los sectores cuyos índices de poder sean mayores que cero, el porcentaje por el que se vería beneficiado ha de ser mayor a la inversa del número de sectores con índice positivo (n) multiplicado por el valor de su propio índice.

La segunda meta tiene las mismas restricciones, salvando aquella donde se define el objetivo, minimizar los impuestos de cada sector, y que la situación final ha de mejorar el resultado obtenido en la meta anterior, es decir, que la diferencia entre exportaciones e importaciones no puede ser menor que el saldo obtenido en el apartado anterior.

6. CONCLUSIONES

La trascendencia del trabajo recae en en el desarrollo de una metodología que permite mostrar una fiel imagen de la situación de la economía aragonesa en el año 2010. Se han utilizado los datos del modelo input-output, haciendo un análisis de los mismos para poder hallar los índices más centrales y los más poderosos. Posteriormente, se ha resuelto un problema para conseguir eliminar el déficit en el total de las exportaciones netas de la región a través de un reparto ideal de una política dada por parte de la administración.

6.1 ANÁLISIS DE LOS GRAFOS

A través del análisis de los grafos se ha podido identificar a primera vista los sectores con una importancia mayor en la economía aragonesa gracias a los diferentes filtros aplicados y a las modificaciones de los nodos y de las aristas en función de los índices calculados.

De estos grafos se ha podido destacar la gran importancia de los “Servicios de intermediación financiera”, como sector más influyente de la economía aragonesa con gran diferencia. También se puede apreciar la importancia de otros nodos como el “Sector inmobiliario” y el de “Energía eléctrica”.

Otro aspecto a tener en cuenta que se puede apreciar en los grafos es la pérdida de importancia de un sector considerado clave como puede ser el de “Servicios de investigación y desarrollo”.

6.2 ÍNDICE DE EIGENVECTOR CENTRALITY

Gracias a esta herramienta se ha podido verificar las conclusiones extraídas de los grafos. Se ha podido comprobar que la caída del sector de “Servicios de investigación y desarrollo” no es tan grande como se ha podido apreciar en los grafos.

Como principales ideas se ha podido observar que los sectores con menor centralidad son siempre los mismos y que, salvo alguna alteración en el orden, los que tienen unos índices más elevados son también los mismos a lo largo de todo el periodo estudiado.

6.3 ÍNDICE DE PODER DE BONACICH

La información mostrada por este índice sí que es muy distinta a la presentada por el de centralidad y por los grafos. En la representación de esta medida sí que hay grandes alteraciones.

Los sectores que aparecen con índices de poder mayores en los años 2008 y 2009 aparecen con los índices más bajos en el año 2010, y viceversa. La principal observación que se ha podido extraer de las tablas que representan los valores de dicho índice ha sido ésta, que el poder de los sectores se ha invertido.

Una segunda lectura también ha mostrado que el valor de los índices ha bajado del año 2008 a 2009, pero sobre todo de 2009 a 2010.

6.4 PROBLEMA DE DECISIÓN MULTICRITERIO: OPTIMIZACIÓN

Por último, se ha propuesto un problema de decisión multicriterio con el fin de que el saldo de las exportaciones netas totales para la región de Aragón sea mayor o igual a cero y; de quedarse por debajo, minimizar la distancia a este objetivo.

Se han propuesto dos metas para alcanzar en este problema, la primera, la que se acaba de explicar y una segunda, en la que se ha intentado minimizar los impuestos que gravan la producción de los sectores, con el objetivo reducir los costes.

Se trata que, dada una política o un esfuerzo desde la administración, calcular el reparto óptimo de la misma para conseguir los objetivos anteriormente descritos. Además, se han usado los valores del índice de poder calculado en la primera parte del trabajo para premiar a aquellos sectores con índices positivos, pues se ha creído conveniente que, debido la importancia que adquieren siendo la principal fuente de intercambios con sus relaciones directas, el porcentaje en el que deberían salir favorecidas debía ser mayor, no sólo para su propio beneficio, sino también para el de sus conexiones.

Una vez programadas todas las instrucciones se ha obtenido un reparto ideal y, al realizar el segundo paso de minimización de los impuestos, no había ninguna solución que no empeorase la ya obtenida en el primer paso. De modo que, al ser un problema de programación por metas y ser el primero, el de eliminar el saldo deficitario de la balanza

exportaciones-importaciones, el objetivo principal, la situación ideal será la obtenida tras el primer paso del problema.

6.5 COMPETENCIAS

Para la realización del trabajo, ha sido necesario tanto utilizar competencias obtenidas ya durante el Grado en Economía como adquirir otras nuevas.

De las competencias conseguidas durante la realización del grado, se han utilizado principalmente, aquellas cursadas en asignaturas de matemáticas, usadas tanto para definir los problemas de optimización como para el cálculo del Índice de Bonacich. También se han manejado conocimientos adquiridos en la asignatura de “Sistemas Informáticos de Ayuda a la Decisión”, donde se vieron los conceptos de problemas de decisión multicriterio y la programación por metas. El modelo input-output, pese a no haber profundizado en él durante la carrera, sí que se había tratado de manera superficial en el transcurso de la misma. De la misma manera, el análisis de datos también ha sido posible gracias a las múltiples asignaturas cursadas en las que éste era una parte clave de las mismas, en materias como política económica, economía española, economía pública, economía mundial...

Por otra parte, también ha sido necesario adquirir nuevos conocimientos para la realización de este trabajo. Entre ellos, una profundización en el modelo input-output, aprender a utilizar el software informático Gephi, con el que se han obtenido los grafos. Además, ha sido preciso conseguir una cierta destreza en el lenguaje de programación Lingo, con el que se han realizado los problemas de optimización.

BIBLIOGRAFÍA/ REFERENCIAS

BONACICH, P (1987): “Power and Centrality”, *American Journal Sociology*, Volúmen 92, número 5, páginas 1170-1182.

GARCÍA MUÑIZ, AS; ÁLVAREZ HERRERO, R; RAMOS CARVAJAL, C (2003): “Análisis estructural a partir de la teoría de las redes sociales: un nuevo enfoque de un problema clásico”.

LANGARITA TEJERO, R (2013): “Actualización de la tabla input-output de Aragón: 2008, 2009 y 2010”. Trabajo Final de Máster presentado en la Universidad de Zaragoza.

PATRACA DIBILDOX, B (2011): “Analyzing Facebook networks with Gephi (netvizz app)”.

SANZ MENÉNDEZ, L (2003): “Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes”.

SCHARGE, L (2015): “Optimization modeling with Lingo”, Sixth edition, Lindo Systems Inc.

Apuntes de clase de Sistemas Informáticos de Ayuda a la Decisión (2015), Universidad de Zaragoza

Apuntes de clases prácticas de Economía española, Política económica y Economía Pública (2012-2016), Universidad de Zaragoza

Apuntes de clase de Matemáticas I y Matemáticas II (2012), Universidad de Zaragoza

ANEXO I

TABLAS EIGENVECTOR CENTRALITY

Tabla I.1. Índice Eigenvector Centrality año 2008, elaboración propia

	2008
Productos agrarios	S01 0.9096886510131916
Antracita, hulla, lignito y turba	S02 0.732333554169188
Gas natural	S03 0.0
Minerales no energéticos	S04 0.8276487148618789
Productos de refinado de petróleo	S05 0.0
Energía eléctrica	S06 0.9807383703917824
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07 0.5530446794250427
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08 0.9301889595565914
Carne y productos cárnicos	S09 0.9045300367065003
Conservas vegetales	S10 0.7708696770297212
Alimentos preparados para animales	S11 0.8297948701451897
Otros productos alimenticios	S12 0.9045300367065005
Bebidas	S13 0.8288652094345266
Tabaco manufacturado	S14 0.0
Textiles, cuero y calzado	S15 0.9055153144853486
Productos de madera y corcho	S16 0.8147737295481996
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17 0.7853117043289063
Edición, productos impresos y material grabado	S18 0.980717145126403
Productos químicos	S19 0.8866407602671162
Productos de caucho y materias plásticas	S20 0.852768380660182
Cemento, cal y yeso	S21 0.7670648573813204
Vidrio y productos de vidrio	S22 0.8266033903228692
Productos cerámicos	S23 0.9669424610669859
Otros productos minerales no metálicos	S24 0.9102071670221032
Productos metalúrgicos	S25 0.8816042479367582

Productos metálicos y maquinaria	S26	0.980717145126403
Material de transporte	S27	0.8112408418703406
Muebles	S28	0.849339055299134
Otras manufacturas	S29	0.7933935765559986
Servicios de reciclaje de materiales	S30	0.5810720128112827
Productos de la construcción	S31	0.9999999999999998
Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	0.8138126259385559
Servicios de comercio al por mayor	S33	0.9999999999999996
Otros servicios de comercio al por menor	S34	0.9657250073971831
Servicios de hostelería y restauración	S35	0.8882124915676279
Servicios de transporte por ferrocarril	S36	0.7361500863039817
Servicios de transporte por carretera	S37	0.8848883402379469
Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	0.5564494138073061
Otros servicios relacionados con el transporte	S39	0.9074284608127554
Servicios postales y telecomunicaciones	S40	0.8696218195490584
Servicios de intermediación financiera	S41	0.9275657215192128
Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	0.7252137793963862
Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	0.6430522337001725
Servicios inmobiliarios	S44	0.9999999999999998
Alquiler de bienes muebles	S45	0.9807171451264028
Servicios de informática	S46	0.9864574918315375
Servicios de investigación y desarrollo	S47	1.0
Otros servicios empresariales	S48	1.0
Servicios de educación de mercado	S49	0.8904057961395943
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	0.831820899266955
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	0.8181767139179225
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	0.9074953464412249
Otros servicios personales	S53	0.9093604686688748
Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0.8563061841024089
Servicios de Administración Pública	S55	0.8885801408774178

Servicios de educación de no mercado	S56	0.8413015807305341
Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0.8692578190383481
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0.3606704018791398
Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0.8721113951057665
Servicios de los hogares	S60	0.0
SIFMI	S61	0.02152714627207595

Tabla I.2. Índice Eigenvector Centrality año 2009, elaboración propia

2009

Productos agrarios	S01	0.9102951679072913
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	0.7305922546730637
Gas natural	S03	0.0
Minerales no energéticos	S04	0.8259081715694931
Productos de refinado de petróleo	S05	0.0
Energía eléctrica	S06	0.9805669536900995
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	0.5557835834455601
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08	0.9309817113943238
Carne y productos cárnicos	S09	0.9040609188125741
Conservas vegetales	S10	0.769141607863587
Alimentos preparados para animales	S11	0.8285954239561638
Otros productos alimenticios	S12	0.9040609188125741
Bebidas	S13	0.8276555817752038
Tabaco manufacturado	S14	0.0
Textiles, cuero y calzado	S15	0.9050581878951316
Productos de madera y corcho	S16	0.7520190584501557
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17	0.7837830900029557
Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.9805452831027484

Productos químicos	S19	0.8854734013259824
Productos de caucho y materias plásticas	S20	0.8291436364595569
Cemento, cal y yeso	S21	0.7647312980474538
Vidrio y productos de vidrio	S22	0.8254647245745198
Productos cerámicos	S23	0.9665753048633908
Otros productos minerales no metálicos	S24	0.8904261959205952
Productos metalúrgicos	S25	0.8805300703890185
Productos metálicos y maquinaria	S26	0.9624473363991897
Material de transporte	S27	0.8099628535191297
Muebles	S28	0.852110081408377
Otras manufacturas	S29	0.791894086950198
Servicios de reciclaje de materiales	S30	0.5834908494626564
Productos de la construcción	S31	1.0
Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	0.7701288994103885
Servicios de comercio al por mayor	S33	1.0
Otros servicios de comercio al por menor	S34	0.9458887613763597
Servicios de hostelería y restauración	S35	0.927972074959093
Servicios de transporte por ferrocarril	S36	0.7386805395528685
Servicios de transporte por carretera	S37	0.8642009496178129
Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	0.5587445828477873
Otros servicios relacionados con el transporte	S39	0.906549722550082
Servicios postales y telecomunicaciones	S40	0.8697585215030351
Servicios de intermediación financiera	S41	0.9268465409497679
Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	0.6845343681886303
Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	0.6248488626778299
Servicios inmobiliarios	S44	1.0
Alquiler de bienes muebles	S45	0.9805452831027481
Servicios de informática	S46	0.9862645792678653

Servicios de investigación y desarrollo	S47	0.9805452831027484
Otros servicios empresariales	S48	1.0
Servicios de educación de mercado	S49	0.8473013487809774
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	0.8699555277797677
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	0.8163846415467678
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	0.9070871517288216
Otros servicios personales	S53	0.7289004975020729
Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0.8341557792713122
Servicios de Administración Pública	S55	0.8931519622718246
Servicios de educación de no mercado	S56	0.8568099582701029
Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0.8699555277797678
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0.36310071544693634
Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0.8712874032203661
Servicios de los hogares	S60	0.0
SIFMI	S61	0.021731834154560422

1.3. Tabla Eigenvector Centrality año 2010, elaboración propia

2010

Productos agrarios	S01	0.9105123701249788
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	0.7318790342598468
Gas natural	S03	0.0
Minerales no energéticos	S04	0.827453885854263
Productos de refino de petróleo	S05	0.0
Energía eléctrica	S06	0.9806016388116049
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	0.5532578633161876

Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08	0.9311550152683975
Carne y productos cárnicos	S09	0.9043331072588615
Conservas vegetales	S10	0.746834164968241
Alimentos preparados para animales	S11	0.8290978521707175
Otros productos alimenticios	S12	0.9043331072588615
Bebidas	S13	0.8287147389246771
Tabaco manufacturado	S14	0.0
Textiles, cuero y calzado	S15	0.9053339886173798
Productos de madera y corcho	S16	0.7532088344913315
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17	0.8034197005576275
Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.9805920964002739
Productos químicos	S19	0.8858912170765243
Productos de caucho y materias plásticas	S20	0.8301928830648728
Cemento, cal y yeso	S21	0.7664238064222827
Vidrio y productos de vidrio	S22	0.807424528830935
Productos cerámicos	S23	0.9667286148286796
Otros productos minerales no metálicos	S24	0.8913536490910001
Productos metalúrgicos	S25	0.881331452060091
Productos metálicos y maquinaria	S26	0.9630616480854868
Material de transporte	S27	0.8109454646324491
Muebles	S28	0.8484157267406739
Otras manufacturas	S29	0.792994653477634
Servicios de reciclaje de materiales	S30	0.5805348456676985
Productos de la construcción	S31	0.9999999999999998
Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	0.7711984708277171
Servicios de comercio al por mayor	S33	0.9999999999999998
Otros servicios de comercio al por menor	S34	0.9654938732849879
Servicios de hostelería y restauración	S35	0.9281628418411713
Servicios de transporte por ferrocarril	S36	0.7353118327435268

Servicios de transporte por carretera	S37	0.8651128669613332
Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	0.5571637719932322
Otros servicios relacionados con el transporte	S39	0.9068074670602092
Servicios postales y telecomunicaciones	S40	0.8701818498125872
Servicios de intermediación financiera	S41	0.9270787317301545
Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	0.6633216587145508
Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	0.6267113831871481
Servicios inmobiliarios	S44	1.0
Alquiler de bienes muebles	S45	0.9805920964002747
Servicios de informática	S46	0.9688399302987908
Servicios de investigación y desarrollo	S47	0.9805920964002737
Otros servicios empresariales	S48	1.0
Servicios de educación de mercado	S49	0.8476713991698024
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	0.8702615154944554
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	0.779790543273739
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	0.9073198908103741
Otros servicios personales	S53	0.9281628418411713
Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0.8572104218578712
Servicios de Administración Pública	S55	0.8888155791234552
Servicios de educación de no mercado	S56	0.8424771980671634
Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0.8702615154944554
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0.3612968000916456
Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0.8716786808491366

Servicios de los hogares	S60	0.0
SIFMI	S61	0.021672305796539146

I.4. Índice de Poder de Bonacich año 2008, elaboración propia

2008

Productos agrarios	S01	0.07516558
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	1.37819009
Gas natural	S03	2.15317474
Minerales no energéticos	S04	-0.43401526
Productos de refinado de petróleo	S05	0.51159032
Energía eléctrica	S06	-0.62416209
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	-0.45063375
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08	-0.59826783
Carne y productos cárnicos	S09	-0.23830668
Conservas vegetales	S10	1.87126378
Alimentos preparados para animales	S11	2.29851171
Otros productos alimenticios	S12	-0.56902042
Bebidas	S13	1.56964008
Tabaco manufacturado	S14	0
Textiles, cuero y calzado	S15	0.73104092
Productos de madera y corcho	S16	-1.62455587
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17	1.04612951
Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.43431239
Productos químicos	S19	-0.32156729
Productos de caucho y materias plásticas	S20	-1.17756316
Cemento, cal y yeso	S21	1.15131513
Vidrio y productos de vidrio	S22	0.11599661
Productos cerámicos	S23	3.06346533
Otros productos minerales no metálicos	S24	1.72462451
Productos metalúrgicos	S25	-0.07559035

Productos metálicos y maquinaria	S26	-0.32156729
Material de transporte	S27	-0.46265452
Muebles	S28	3.12032954
Otras manufacturas	S29	2.04868331
Servicios de reciclaje de materiales	S30	1.82087107
Productos de la construcción	S31	-0.32156729
Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	-0.32156729
Servicios de comercio al por mayor	S33	-0.32156729
Otros servicios de comercio al por menor	S34	-0.39884522
Servicios de hostelería y restauración	S35	-0.32156729
Servicios de transporte por ferrocarril	S36	-0.39884522
Servicios de transporte por carretera	S37	-0.39884522
Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	-0.39884522
Otros servicios relacionados con el transporte	S39	-0.39884522
Servicios postales y telecomunicaciones	S40	-0.39884522
Servicios de intermediación financiera	S41	-0.24428937
Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	-0.39884522
Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	0.15149468
Servicios inmobiliarios	S44	-0.32156729
Alquiler de bienes muebles	S45	-0.39884522
Servicios de informática	S46	-0.39884522
Servicios de investigación y desarrollo	S47	-0.67707634
Otros servicios empresariales	S48	-0.32156729
Servicios de educación de mercado	S49	-0.32156729
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	-0.32156729
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	-0.59826783
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	0.29298584
Otros servicios personales	S53	0.98392544

Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0
Servicios de Administración Pública	S55	0
Servicios de educación de no mercado	S56	0
Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0
Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0
Servicios de los hogares	S60	0
SIFMI	S61	0

I.5. Índice de Poder de Bonacich año 2009, elaboración propia

2009

Productos agrarios	S01	-0.12767186
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	1.95426663
Gas natural	S03	1.74487932
Minerales no energéticos	S04	-0.98756588
Productos de refino de petróleo	S05	0.32511704
Energía eléctrica	S06	-0.70789208
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	-0.60746423
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08	-0.60623995
Carne y productos cárnicos	S09	0.06006653
Conservas vegetales	S10	1.97904552
Alimentos preparados para animales	S11	2.24580642
Otros productos alimenticios	S12	-0.6309075
Bebidas	S13	1.76077158
Tabaco manufacturado	S14	0
Textiles, cuero y calzado	S15	0.87990644
Productos de madera y corcho	S16	-1.95429091
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17	1.15978992

Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.25388683
Productos químicos	S19	-0.33292975
Productos de caucho y materias plásticas	S20	-1.11068422
Cemento, cal y yeso	S21	0.96858718
Vidrio y productos de vidrio	S22	0.35704635
Productos cerámicos	S23	3.25717006
Otros productos minerales no metálicos	S24	1.32999912
Productos metalúrgicos	S25	-0.06823408
Productos metálicos y maquinaria	S26	-0.33292975
Material de transporte	S27	-0.32170014
Muebles	S28	2.76820317
Otras manufacturas	S29	2.15952614
Servicios de reciclaje de materiales	S30	1.45855403
Productos de la construcción	S31	-0.33292975
Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	-0.33292975
Servicios de comercio al por mayor	S33	-0.33292975
Otros servicios de comercio al por menor	S34	-0.40415997
Servicios de hostelería y restauración	S35	-0.33292975
Servicios de transporte por ferrocarril	S36	-0.11650343
Servicios de transporte por carretera	S37	-0.40415997
Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	-0.40415997
Otros servicios relacionados con el transporte	S39	-0.40415997
Servicios postales y telecomunicaciones	S40	-0.40415997
Servicios de intermediación financiera	S41	-0.26169953
Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	-0.40415997
Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	0.65534566
Servicios inmobiliarios	S44	-0.33292975
Alquiler de bienes muebles	S45	-0.40415997
Servicios de informática	S46	-0.40415997

Servicios de investigación y desarrollo	S47	-0.13337103
Otros servicios empresariales	S48	-0.33292975
Servicios de educación de mercado	S49	-0.33292975
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	-0.33292975
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	-0.60623995
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	-0.51905911
Otros servicios personales	S53	0.71777351
Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0
Servicios de Administración Pública	S55	0
Servicios de educación de no mercado	S56	0
Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0
Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0
Servicios de los hogares	S60	0
SIFMI	S61	0

I.6. Índice de Poder de Bonacich año 2010, elaboración propia

2010

Productos agrarios	S01	-0.01338267
Antracita, hulla, lignito y turba	S02	-1.26477441
Gas natural	S03	-2.17928832
Minerales no energéticos	S04	0.54465115
Productos de refinado de petróleo	S05	-0.28410525
Energía eléctrica	S06	0.80627565
Distribución urbana de gas, vapor y agua caliente	S07	0.41137802
Agua recogida y depurada y servicios de distribuc	S08	0.90087996
Carne y productos cárnicos	S09	0.24510759

Conservas vegetales	S10	-1.60625883
Alimentos preparados para animales	S11	-1.9468893
Otros productos alimenticios	S12	0.66636277
Bebidas	S13	-1.65430876
Tabaco manufacturado	S14	0
Textiles, cuero y calzado	S15	-0.7958668
Productos de madera y corcho	S16	1.73943052
Pasta de papel y artículos de papel y cartón	S17	-0.93490913
Edición, productos impresos y material grabado	S18	0.14791805
Productos químicos	S19	0.60979498
Productos de caucho y materias plásticas	S20	1.38844562
Cemento, cal y yeso	S21	-1.52745586
Vidrio y productos de vidrio	S22	-0.39186098
Productos cerámicos	S23	-2.75450185
Otros productos minerales no metálicos	S24	-1.14719471
Productos metalúrgicos	S25	0.12923213
Productos metálicos y maquinaria	S26	0.60979498
Material de transporte	S27	0.66102258
Muebles	S28	-2.99253618
Otras manufacturas	S29	-1.68933988
Servicios de reciclaje de materiales	S30	-1.76938379
Productos de la construcción	S31	0.60979498
Comercio de vehículos y carburantes; reparación	S32	0.60979498
Servicios de comercio al por mayor	S33	0.60979498
Otros servicios de comercio al por menor	S34	0.60058664
Servicios de hostelería y restauración	S35	0.60979498
Servicios de transporte por ferrocarril	S36	0.60058664
Servicios de transporte por carretera	S37	0.60058664
Servicios de transporte aéreo y marítimo	S38	0.60058664
Otros servicios relacionados con el transporte	S39	0.60058664

Servicios postales y telecomunicaciones	S40	0.60058664
Servicios de intermediación financiera	S41	0.61900332
Servicios de seguros y planes de pensiones	S42	0.60058664
Servicios auxiliares a la intermediación financiera	S43	-0.01532018
Servicios inmobiliarios	S44	0.60979498
Alquiler de bienes muebles	S45	0.89167162
Servicios de informática	S46	0.60058664
Servicios de investigación y desarrollo	S47	0.06246545
Otros servicios empresariales	S48	0.60979498
Servicios de educación de mercado	S49	0.60979498
Servicios sanitarios y sociales de mercado	S50	0.60979498
Servicios de saneamiento público de mercado	S51	0.90087996
Servicios recreativos y culturales de mercado	S52	0.32770763
Otros servicios personales	S53	-1.02934772
Servicios de asociaciones de no mercado	S54	0
Servicios de Administración Pública	S55	0
Servicios de educación de no mercado	S56	0
Servicios sanitarios y sociales de no mercado	S57	0
Servicios de saneamiento público de no mercado	S58	0
Servicios recreativos y culturales de no mercado	S59	0
Servicios de los hogares	S60	0
SIFMI	S61	0

ANEXO II

Se han programado dos programas con el fin de cumplir los dos objetivos propuestos. Se adjuntan los códigos de los dos:

P1:

```

MODEL:
  TITLE: SECTORES;

  SETS:
    SECTORES: X, M, B, P;
  ENDSETS

  !Minimizar dmenos para que al menos no estemos peor que al
  principio. Optimización por partes, primero damos prioridad a
  las exportaciones netas y luego a minimizar los impuestos;
  MIN = dmenos;
  !La suma de los porcentajes ha de ser igual a 1;
  @SUM (SECTORES:P)=1;
  !Todo índice mayor que cero ha de tener un porcentaje.
  N número de sectores con índice positivo;
  @FOR (SECTORES :
    P>(1/N)*B);
  n = @SUM(SECTORES | B #GT# 0.0: B);
  !Restricción de que la suma de las exportaciones
  netas ha de mejorar lo que ya teníamos;
  @SUM (SECTORES: (1+P) * (X - M))+ dmenos - dmas = 0;

  DATA:
  !Leer los datos;
  SECTORES, X, M, B, = @ODBC("Sectores", "Sectores", "Id",
  "X", "M", "B",);

  !Exportar la solución;
  @ODBC ("Sectores", "Sectores", "P")= P;
  ENDDATA

END

```

P2:

MODEL:

TITLE: SECTORES;

SETS:

SECTORES: X, M, B, P, T;

ENDSETS

!Minimizar dmenos para que al menos no estemos peor que al principio. Optimización por partes, primero damos prioridad a las exportaciones netas y luego a minimizar los impuestos;

MIN = dmenos;

!La suma de los porcentajes ha de ser igual a 1;

@SUM (SECTORES:P)=1;

!Todo índice mayor que cero ha de tener un porcentaje.

N número de sectores con índice positivo;

@FOR (SECTORES :

P>(1/N)*B);

n = @SUM(SECTORES | B #GT# 0.0: B);

!Restricción de que la suma de las exportaciones netas ha de mejorar lo que ya teníamos. 30.116.350 es el superávit conseguido en la meta anterior (dmas);

@SUM (SECTORES: P * (X - M))>=30.116.350;

!2º objetivo;

@SUM (SECTORES: P*T)+dmenos-dmas=0;

DATA:

!Leer los datos;

SECTORES, X, M, B, T= @ODBC ("Sectores", "Sectores", "Id", "X", "M", "B", "T");

!Exportar la solución;

@ODBC ("Sectores", "Sectores", "P")= P;

ENDDATA

END