



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Uvenny

Quirama Estrada

Tesis doctoral

Metodología Path-Q-Plus para la
Interregionalización de Marcos
Contables Input-Output

Santiago de Compostela, 2025



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL DA USC

TESIS DOCTORAL

**METODOLOGÍA PATH-Q-PLUS PARA
LA INTERREGIONALIZACIÓN DE
MARCOS CONTABLES
INPUT-OUTPUT**

Autora

Uvenny Quirama Estrada

Directores:

Xesús Pereira López

Melchor Fernández Fernández

Tutor:

Xesús Pereira López

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN
DESARROLLO REGIONAL E INTEGRACIÓN ECONÓMICA**



SANTIAGO DE COMPOSTELA
2025

Contenido

LISTA DE TABLAS	9
LISTA DE FIGURAS	11
AGRADECIMIENTOS	15
RESUMEN	17
ABSTRACT	19
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	26
Objetivo General	26
Objetivos específicos	26
CAPÍTULO 2: ESTRUCTURA METODOLÓGICA	29
2.1 Introducción	29
2.2 La metodología Input-Output y sus orígenes	29
2.3 Inicio de los estudios interregionales	32
2.3.1 Cocientes de Localización	35
2.3.1.1 SLQ (Simple Location Quotient)	36
2.3.1.2 CILQ (Cross-Industry Location Quotient)	38
2.3.1.3 FLQ (Flegg’s Location Quotient)	38
2.3.1.4 AFLQ (Augmented Flegg’s Location Quotient)	40
2.3.1.5 KFLQ (K-Industry-Specific Flegg’s Location Quotient)	40
2.3.1.6 SFLQ (Sector-Specific Flegg’s Location Quotient)	41
2.3.1.7 2D-LQ (Bidimensional – LQ)	41
2.3.2 Métodos de balanceo de matrices con restricciones	43
2.3.2.1 Método CHARM	45
2.3.2.2 Entropía	47
2.3.2.2.1 Entropía simple	47
2.3.2.2.2 Cross Entropy	47
2.3.2.2.3 Entropy maximization	49
2.3.2.3 RAS	50
2.4 Contexto metodológico de la investigación	54

2.4.1 ESCALA ESTANDAR REGIONAL	57
2.4.1.1 Tablas Supply-Use -1-	57
2.4.1.2 Modelización económica -2-	58
2.4.1.3 Extensión matricial -3-	59
2.4.1.4 Impactos económicos y ambientales -4-	64
2.4.2 ESCALA SUBTERRITORIAL.....	65
2.4.2.1 Identificación de las áreas funcionales -5-	67
2.4.2.2 Centros de gravedad de producción -6-	71
2.4.2.3 Cocientes de localización -7-	73
2.4.2.4 Matriz PRIOR -8-.....	73
2.4.2.5 Enfoque Path-RAS en el contexto Origen-Destino -9-	76
2.4.2.6 Adaptación del método CHARM para la estimación del cross-hauling -10-	85
2.5 Conclusiones específicas	86
CAPÍTULO 3: ESCALA ESTÁNDAR (REGIONAL)	91
3.1 Introducción: Cuantificación de los impactos económicos y ambientales. Caso de estudio: el turismo en Galicia.	91
3.2 El turismo y la medición de impactos.....	92
3.3 Datos	96
3.4 Resultados.....	97
3.5 Conclusiones específicas	104
CAPÍTULO 4: ESCALA SUBTERRITORIAL.....	109
4.1 Introducción: Desarrollo práctico de la metodología Path-Q-Plus.....	109
4.2 Áreas funcionales – división territorial.....	110
4.3 Centros de gravedad de producción.....	113
4.4 Técnicas LQ y matriz PRIOR.....	119
4.5 Enfoque Path-RAS para la restricción matricial.....	129
4.6 Método CHARM para la búsqueda del Cross-Hauling.....	132
4.7 Conclusiones específicas	141
CONCLUSIONES GENERALES Y FUTURAS INVESTIGACIONES.....	147
Conclusiones generales.....	147
Futuras investigaciones.....	149
GENERAL CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH	153
Conclusions.....	153
Future Research	155

BIBLIOGRAFÍA	159
ANEXOS	177
Anexo 1: Abreviaciones	177
Anexo 2: Productos correspondientes a la economía de Galicia	179

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Detalle conceptual del método RAS y sus variantes	52
Tabla 2. Tabla Supply -Use (SUT).....	57
Tabla 3. Valores negativos en la demanda final bajo las iteraciones del Path-RAS	130
Tabla 4. Resultados del estadístico STPD	132

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Métodos de estimación regional non-survey	34
Figura 2.	Metodologías LQ para construir marcos contables regionales	36
Figura 3.	Métodos de balanceo de matrices con restricciones.....	44
Figura 4.	Estructura metodológica IO regional e interregional	55
Figura 5.	Metodología Path-Q-Plus	56
Figura 6.	Cálculo de los efectos inducidos a partir del marco IO.....	60
Figura 7.	Estructura para la medición de los impactos indirectos e inducidos	63
Figura 8.	Clasificación de visitantes en Galicia.....	93
Figura 9.	Esquema básico del cálculo del impacto económico	94
Figura 10.	Vector de consumo por tipo de visitante	99
Figura 11.	Participación en el impacto económico total del turismo en Galicia por tipo de visitante	100
Figura 12.	Productos con mayor nivel de emisión de CO2 en Galicia.....	101
Figura 13.	Relación de los coeficientes de CO2 por producto y la tipología del visitante	102
Figura 14.	Impacto de las emisiones de CO2 (ratio por 100) en Galicia según la clasificación turística.....	103
Figura 15.	Áreas Funcionales de Galicia según el número de ocupados.....	111
Figura 16.	Mapa de Geo-destinos y Áreas Sanitarias de Galicia.....	112
Figura 17.	Centros de gravedad (producción) de Galicia según las áreas funcionales....	113
Figura 18.	Centros de gravedad de producción por área funcional	115
Figura 19.	Mapas de calor de la matriz PRIOR para cada técnica LQ	121
Figura 20.	Variaciones de la demanda final por cada proceso iterativo Path-RAS	131

Figura 21. Comparación del cross-hauling para cada LQ según el área funcional y su relación con las demás áreas funcionales 135

Figura 22. Cross-Hauling por LQ, área funcional y productos 137

*A mi Padre amado, por ser mi guía y
pulsión de vida. Permíteme continuar en
la búsqueda consciente por comprender
que es en el amor, la humildad y la
compasión, que se gana la batalla más
importante: la plenitud de nuestro ser.*

AGRADECIMIENTOS

La tesis doctoral no se constituye solo como un esfuerzo por alcanzar el umbral sobre un área específica del conocimiento; es, en esencia, una lucha constante por comprendernos, entender las emociones, los sentimientos que manan, y avanzar ante las adversidades que surgen en el camino. Este proceso termina, entonces, en un estado de conciencia que permite identificar lo verdaderamente importante: aquellas personas que, con una sonrisa, un abrazo o un estoy aquí para ti, hicieron de este, un camino lleno de significado y amor.

Cada uno de los agradecimientos presentados aquí busca reconocer el aporte realizado a la construcción de esta tesis doctoral, pero en especial, a la contribución por la promoción de un ser más consciente de su entorno, de la vida y lo importante de la misma, su gente.

Deseo hacer un apartado especial a mis directores de tesis. Profesor Melchor, gracias por ser ese apoyo y respaldo incondicional; porque además de todo el conocimiento adquirido, me sentí segura y acogida en un entorno completamente nuevo e hizo que todas las cosas se vieran y sintieran mucho más fácil. Gracias por escucharme y estar siempre ahí, pendiente de mí. Gracias, profesor Xesús, de usted me llevo lo más importante, una verdadera amistad. Gracias por dedicar tanto tiempo y esfuerzo al desarrollo de esta tesis, pero en especial, gracias por haber sido tan empático conmigo, por las conversaciones superficiales y profundas, por permitirme conocer una persona tan maravillosa como usted, dispuesto a servir y dar lo mejor de sí.

De igual manera, quiero agradecer al profesor Sergio su entrega y cariño durante mi estancia doctoral, aprendí mucho de usted como profesional, pero, sobre todo, como ese ser humano sensible, entregado a su familia y las personas que quiere.

Agradezco también a la profesora Isabel, que de manera directa e indirecta estuvo ahí desde el inicio de mis estudios, ayudándome, no solo desde la palabra y sus acciones, sino también desde el ejemplo.

Gracias a la profesora Rosa, por estar pendiente en todo momento, en especial, de mi bienestar emocional y el querer propender porque todo estuviese bien hasta el final.

Dentro de mi proceso doctoral conocí a personas maravillosas como lo fue María José Ginzo, que fue mi apoyo desde la estadística y la programación y estuvo ahí de manera incondicional y altruista, mostrándome todo el tiempo su generosidad y afecto. Gracias María por tanto apoyo.

Gracias a mi Familia que es mi pilar y fuerza; gracias, mamá, gracias hermanito por siempre apoyarme en mis locuras y estar ahí en lo bueno y no tan bueno. Gracias por sus oraciones que fueron escuchadas todo el tiempo y por el amor infinito que hace sentirme respalda en todo momento.

Gracias a mi pareja que tanto amo, que, con su paciencia y comprensión, hizo sentirme siempre acompañada. Gracias por creer en mí y decidir construir, aún en la distancia.

Agradezco infinitamente a todos mis amigos, a las personas que hicieron de este proceso algo maravilloso, que me apoyaron, aconsejaron y estuvieron ahí con una sonrisa y un abrazo. Cada momento compartido fue un respiro y las ganas de continuar avanzando. Gracias especialmente a mis amigos de Santiago: Jackeline, Rosa, Teresa, Yolanda, Brigitte, Loli, Óscar y Marco.

Finalmente, agradezco a la Universidade Santiago de Compostela y el grupo GAME por haberme permitido desarrollar mis estudios doctorales y que estos fuesen financiados con el fin de culminar a entera satisfacción.

RESUMEN

La presente tesis doctoral establece una nueva metodología de regionalización a partir de marcos contables Input-Output, en función de datos *non-survey* y con el mayor nivel de desagregación productiva, representando adecuadamente la relación comercial interregional a escala local. Inicialmente, se cuantificaron los impactos económicos y ambientales en la región de Galicia. Luego, se estructuraron subterritorios de manera uniforme, mediante la creación de áreas funcionales, para determinar los centros de gravedad de producción que facilitaron el reconocimiento de la fuerza de trabajo según su ubicación y el peso vinculado a la actividad productiva. Posteriormente, se estimó la matriz PRIOR que responde a la desagregación matricial a escala local para cada técnica de cocientes de localización, sobre la que se aplicaron procesos iterativos logrando soluciones con significancia económica. Una vez validadas las proyecciones espaciales, se cuantificó el grado de integración comercial interregional a escala local. La conclusión principal obedece a que la metodología Path-Q-Plus es un proceso innovador que hace factible la interregionalización a escalas más pequeñas y con datos limitados, permitiendo así el diseño y la implementación de políticas consecuentes con la realidad socioeconómica del territorio foco de estudio.

Palabras Clave: Path-Q-Plus, Input-Output, Interregional, Subterritorial, Áreas funcionales, Centros de gravedad.

ABSTRACT

The doctoral thesis presented establishes a new regionalization methodology based on Input-Output accounting frameworks, based on non-survey data and with the highest level of productive disaggregation, adequately representing the interregional trade relationship at the local scale. Initially, the economic and environmental impacts in the region of Galicia were quantified. Subterritories were then structured in a uniform manner, through the creation of functional areas, to determine the centers of gravity of production that facilitated the recognition of the labor force according to its location and the weight linked to productive activity. Subsequently, the PRIOR matrix was estimated, which responds to the matrix disaggregation at a local scale for each location quotient technique, on which iterative processes were applied, achieving solutions with economic significance. Once the spatial projections were validated, the degree of interregional trade integration at the local scale was quantified. The main conclusion is that the Path-Q-Plus methodology is an innovative process that makes interregionalization feasible at smaller scales and with limited data, thus allowing the design and implementation of policies consistent with the socioeconomic reality of the territory under study.

Key words: Path-Q-Plus, Input-Output, Interregional, Subterritorial, Functional areas, Centers of gravity

CAPÍTULO 1: Introducción

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante de investigaciones encaminadas hacia la búsqueda de marcos Input-Output interregionales (IRIO) efectivos ha llevado al desarrollo de diferentes métodos *non-survey*. Comúnmente, estas técnicas actúan por la vía de metodologías basadas en Cocientes de Localización (LQ), o enfocadas, en el balanceo de matrices con restricciones. Otras estimaciones incluso combinan dos o más métodos, obteniendo mejores resultados. Sin embargo, existen alternativas que, si bien resuelven con cierta información contable algunas estructuras territoriales, acaban por limitarse en otras dimensiones espaciales ante la escasez de información, lo que es habitual en áreas subterritoriales.

Con la articulación de la técnica 2D-LQ y el enfoque de balanceo por restricciones Path-RAS se constituye la metodología Path-Q-Plus. Esta es una propuesta innovadora que parte de la base de realizar modelos interregionales a escala local, llegando a niveles más pequeños de los generalmente tratados en este ámbito científico.

El método 2D-LQ fue expuesto por primera vez por Pereira-López et al. (2020) y actúa como una extensión del LQ estándar. Refleja resultados congruentes acerca de la estructura económica de la región estimada, al utilizar dos parámetros de suavizado para la rectificación sobre el coeficiente técnico de referencia. Aunque es un método reciente, varias han sido las aplicaciones que lo concluyen como un buen procedimiento para la regionalización de marcos Input-Output contables (Flegg et al., 2025; Martínez-Alpañez et al., 2023; Pereira-López et al., 2021). Se resalta igualmente la importancia del valor asignado a los parámetros que afectan la influencia relativa de la oferta y demanda en el coeficiente final. Dependiendo del contexto, se utiliza un α entre 0,6 y 1,2 y un β entre 0,15 y 0,30 como valores óptimos para representar la influencia de la especialización regional del sector que provee y la demanda intermedia de quien produce respectivamente.

Por otro lado, el Path-RAS corresponde igualmente a una extensión avanzada del RAS clásico. Permite ajustar matrices Input-Output (IO), tanto por filas como por columnas; es decir, utiliza diferentes caminos para alcanzar la convergencia a una solución contable con sentido económico que satisfaga las restricciones de valor añadido, componentes de demanda final y/o producción total (Pereira-López & Rueda-Cantuche, 2013).

Ambas técnicas, extensiones avanzadas de las bases LQ y balanceo de matrices con restricciones, se apellidan *Plus*, en ocasión a la robustez metodológica y atención a las problemáticas como la variación en los resultados de acuerdo con la escala, la infravaloración o sobrevaloración, el reconocimiento del intercambio comercial interregional, entre otros aspectos en donde los demás métodos presentan limitantes.

La presente tesis doctoral sustenta la importancia de la nueva metodología de regionalización Path-Q-Plus a partir de una aplicación práctica para la región de Galicia-España. Se trabaja con una escala subterritorial a un nivel más pequeño de lo habitual, acentuando así la investigación en delimitaciones estructuradas de manera uniforme según una variable de referencia, en este caso, ocupación.

Las aplicaciones llevadas a cabo pretenden evidenciar la certeza de la metodología, comparando cada ejercicio con demás técnicas usualmente empleadas en modelos IRIO.

Para lograr un mayor contexto, se realiza inicialmente una revisión sistemática de la bibliografía referente a las tablas IO, técnicas de regionalización, modelos multirregionales e interregionales. Sobre esta información, se expuso la secuencia temporal de las técnicas desde su fundamento hasta los modelos más recientes, explicando sus ventajas, condicionantes y mencionando igualmente las aplicaciones realizadas, entendiendo los estudios regionales sobre los que se ha trabajado hasta ahora.

En la segunda etapa se relaciona la explicación del contexto regional y subterritorial sobre el que se presenta la metodología Path-Q-Plus. Aquí se utilizan las tablas Supply-Use (SUT) de Galicia, con el objetivo de operar con la estructura productiva al mayor nivel de desagregación posible. Con base en lo anterior y utilizando la inversa de Leontief junto con

la base metodológica del modelo de Miyazawa, se miden los impactos directos-indirectos e inducidos respectivamente.

Después, se genera una delimitación uniforme de la región de Galicia en cinco áreas funcionales, considerando los lugares de ocupación de mayor relevancia en los 313 municipios analizados y extrapolando a las nuevas áreas que fueron empleadas como los subterritorios desagregados.

Una vez concretadas las cinco escalas locales, se calculan los centros de gravedad de producción, que hacen referencia a la espacialidad productiva por área funcional, en función de las latitudes y longitudes de los sectores económicos extrapolados a productos y áreas trabajadas. Este proceso facilita la construcción de la matriz PRIOR para cada LQ contrastado, en donde se analiza el comportamiento matricial y la concentración o dispersión de los datos sobre la diagonal principal. En los últimos ítems, será crucial este apartado, ya que es una de las bases para el reconocimiento del comercio interregional.

Sobre la matriz PRIOR, se ejecutan los ajustes a partir del Path-RAS. En esta etapa, se realizan diferentes iteraciones hasta llegar a la convergencia, en donde se eliminan los valores negativos de la demanda final y se genera la significancia económica. Posteriormente, esta información es validada desde el punto de vista estadístico, analizando las distancias entre los valores celda a celda de la matriz de referencia y la estimada para cada LQ.

A su vez, se cuantifica el cross-hauling para el análisis de la densidad comercial entre áreas funcionales relativas a bienes y servicios heterogéneos. Finalmente, se presentan las conclusiones sobre cada apartado y de manera general.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer una metodología de regionalización de marcos contables Input-Output, en función de datos *non-survey* y con el mayor nivel de desagregación productiva, que represente adecuadamente la relación comercial interregional a escala local.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión sistemática acerca de los diferentes métodos de regionalización *non-survey*.
- Medir impactos económicos y ambientales con el nivel de mayor desagregación contable manifestado en las tablas de origen y destino (SUT).
- Delimitar las áreas funcionales bajo criterios uniformes que posibiliten la regionalización de las tablas Input-Output de referencia.
- Determinar los centros de gravedad por productos y áreas funcionales para facilitar el reconocimiento de la espacialidad productiva.
- Comparar las diferentes técnicas de cocientes de localización para la regionalización de marcos contables Input-Output.
- Implementar procesos de optimización que garanticen la significancia económica y que, a su vez, respeten las magnitudes económicas agregadas.
- Validar las soluciones contables a nivel interregional mediante un estadístico que dé cuenta de las similitudes/discrepancias entre las matrices emanadas de las técnicas de cocientes de localización y las obtenidas como resultado del proceso de optimización.
- Identificar el cross-hauling de las áreas funcionales que evidencie la relación comercial interregional a escala local.

CAPÍTULO 2:

Estructura Metodológica

CAPÍTULO 2:

ESTRUCTURA METODOLÓGICA

2.1 INTRODUCCIÓN

La necesidad de estimar con mayor precisión y significancia económica los marcos IO regionales, donde la principal limitante es la escasez de información, ha llevado a la creación de diferentes técnicas *non-survey*. Existen dos vertientes sobre las cuales se han diseñado variantes y extensiones, buscando mejores resultados. Por un lado, están las metodologías basadas en LQ, que emplean específicamente el peso de una industria en la región, comparada con su participación nacional y estableciendo, en ocasiones, parámetros de suavizado de datos. Y por otro, se encuentran las metodologías de balanceo de matrices con restricciones, las cuales ejecutan iteraciones sobre una matriz de acuerdo con la información disponible acerca de la demanda y/o la producción, entre otras variables. Adicional, se han ensayado articulaciones entre métodos con el fin de lograr resultados de mayor precisión.

El presente capítulo expone una revisión bibliográfica que muestra las principales metodologías de regionalización de tablas IO, seguido de una presentación de la estructura conceptual llevada a cabo para el diseño de la metodología Path-Q-Plus propuesta en esta tesis doctoral.

2.2 LA METODOLOGÍA INPUT-OUTPUT Y SUS ORÍGENES

Wassily Leontief inicia en 1936 el desarrollo del modelo IO con el objetivo de analizar la interdependencia entre las industrias que engloban una economía. A través de este modelo se busca reconocer la interrelación, o dependencia, de un sector con los demás sectores para producir su bien o servicio (Leontief, 1936). A detalle, las tablas IO reflejan los insumos (inputs) de un sector o industria, que son utilizados para la elaboración de

productos (outputs) en otros sectores, mostrando las relaciones de intercambio entre sectores productores y consumidores, intermedios y finales (Miller & Blair, 1997).

Las tablas IO no solo analizan la estructura productiva de la economía, sino también los impactos ocasionados en cada sector a partir de los cambios en la demanda final. En otras palabras, permiten el cálculo de multiplicadores económicos para estudiar efectos de una economía ante variables externas como, por ejemplo, la inversión.

La base inicial de las tablas IO se expone así:

- Balance de producción:

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + y_i \quad (1)$$

Donde:

x_i = La producción total del sector i .

z_{ij} = La cantidad del producto del sector i que es utilizada por el sector j .

y_i = La demanda final del sector i .

- Coeficiente técnico

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (2)$$

Donde:

a_{ij} = El valor monetario del input del sector i requerido para producir una unidad del sector j .

Para la construcción del modelo IO en formato matricial, se tiene:

- Tabla Input-Output simétrica (en ausencia de importaciones)

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y} \quad (3)$$

Siendo:

\mathbf{x} = El vector de producción total.

\mathbf{A} = La matriz de coeficientes técnicos a_{ij} .

\mathbf{Ax} = Los inputs intermedios requeridos por los sectores.

\mathbf{y} = El vector de demanda final.

Resolviendo el sistema de ecuaciones, se obtiene

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \quad (4)$$

\mathbf{I} = La matriz identidad.

$(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ = La inversa de Leontief.

La matriz inversa refleja el impacto directo e indirecto de la producción total ante un cambio en el vector de demanda final (Leontief, 1936; Miller & Blair, 2009).

En 1941, se presenta la publicación que marca el hito en este ámbito científico. Con el nombre de *The Structure of the American Economy*, Leontief muestra las relaciones interindustriales de Estados Unidos entre 1919 y 1929 mediante la construcción de las primeras tablas IO (Leontief, 1941).

En la década de los 50, entidades como la Organización de Naciones Unidas (ONU), adoptaron el modelo IO, buscando estandarizar las políticas económicas internacionales con la publicación del primer manual llamado “*A System of National Accounts and Supporting Tables*” (Office, 1953). Posteriormente, el modelo IO empezó a formar parte del Sistema de Cuentas Nacionales (SNA) en 1968 (United Nations, 1968) y, con ello, se fomentó su expansión a nivel mundial para cuantificar la interdependencia de los países, los flujos comerciales, las cadenas de suministros, la medición del impacto económico de ciertas industrias, entre otros (Miller & Blair, 2022).

En los años 70 se comienza a dar un uso más firme a las tablas IO, creando bases de datos nacionales en algunos países europeos y en Asia con Japón. Ya para el año 1993 la ONU, se encarga de actualizar los SNA, dando fuerza al empleo de las matrices IO (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 1999).

Para los años 2000, se inicia la integración nacional de los denominados modelos multirregionales (MRIO), donde se pasa de analizar las relaciones económicas entre sectores de una sola economía a estudiar interdependencias entre múltiples territorios (Miller & Blair, 2009). Aunque el concepto ya había sido mencionado tiempo atrás, solo hasta el siglo XIX, se comienza con la creación de bases de datos como el Global Supply Chain Database (EORA), el World Input-Output Database (WIOD) y el Detailed Global MRIO Database (EXIOBASE).

2.3 INICIO DE LOS ESTUDIOS INTERREGIONALES

A partir del modelo IO base, se indagó la manera de estudiar las interacciones entre economías regionales. Concretamente, se abordaban los efectos en la producción, el consumo y el intercambio de bienes y servicios, generados por las interacciones de ciertas áreas geográficas foco de estudio (Miller & Blair, 2022). Aquí se busca identificar cómo se utilizan los bienes y servicios producidos por una región, en otras regiones, reconociendo conceptos como la cadena de suministro, impactos regionales del consumo y la producción global, hasta los efectos del comercio en relación con el medio ambiente

Con Isard (1951, 1956) se vinculó el concepto interregional en el ámbito contable, centrándose en el análisis de las relaciones espaciales y las distribuciones económicas entre regiones y probando cómo las actividades económicas de una región afectan al resto del entorno. Por lo que se le da un mayor énfasis, no solo al avance de los modelos IO, sino también a la geografía económica y la teoría del espacio.

Posteriormente, en su libro Economics, Samuelson & Nordhaus (1970) introducen los modelos IO interregionales (IRIO), mostrando cómo las decisiones de una región pueden influir y repercutir en otras, comprobando la interdependencia económica global. A partir de ese momento, varias entidades públicas –llámense gobiernos e instituciones

internacionales– iniciaron trabajos que apelasen a resultados interregionales para la observación de aspectos como el impacto económico y ambiental entre regiones, la localización de posibles inversiones y la creación de políticas públicas, entre otros.

Algunas de las investigaciones de la época relacionaron los IRIO con análisis espaciales de crecimiento económico y costos de producción ante decisiones de inversión en diferentes sectores de estudio, como es el caso del transporte, y llevando a la determinación de políticas para subsidios de capital, estructuras laborales, mejoras en infraestructuras y/o nuevos modelos de producción, entre muchos otros (Batten & Martellato, 1985; Greytak, 1974; Ihara, 1979; Richardson, 1978).

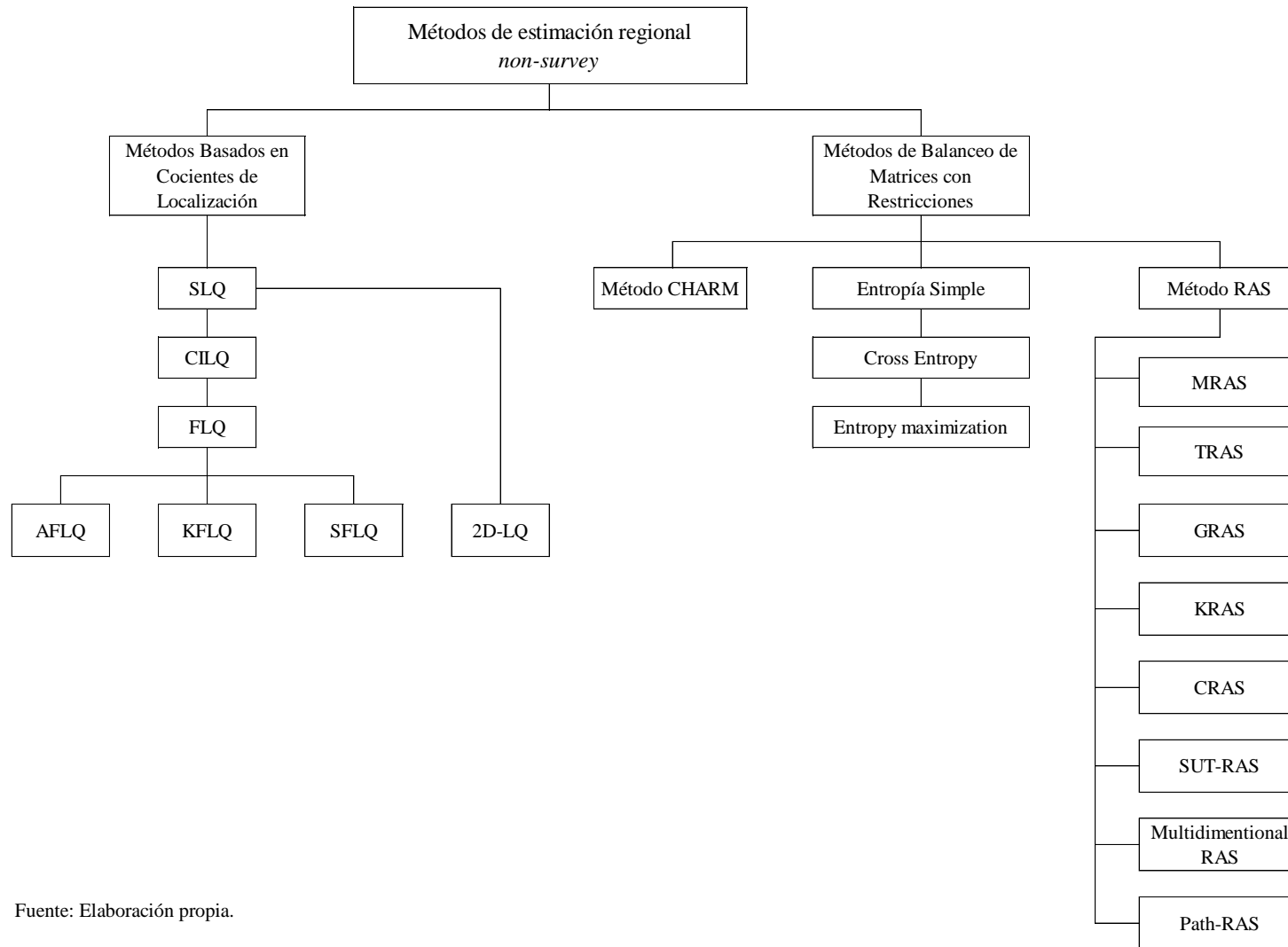
Partiendo de la propuesta de Richard Stone en 1993, se incorporan formalmente las SUT como una extensión del modelo IO al SNA en instituciones como la ONU, el Fondo Monetario Internacional (FMI), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Banco Mundial y Eurostat (United States & IMF, 1993). Con base en esta información, se comienza a explorar las IRIO en las SUT.

En el año 1997, Miller and Blair avanzaron en el estudio de la interdependencia económica y el comercio interregional, en relación con los MRIO, matrices de coeficientes de transacción y de producción, para manifestar la influencia entre regiones (Miller & Blair, 1997).

Con la presentación de métodos de estimación regional *non-survey* se abrió la posibilidad de evaluar alternativamente, datos precisos de las relaciones interregionales (Flegg et al., 1997). Siendo posible la proyección de matrices a escala inferior – territorialmente hablando– y con escasez de información, utilizando datos agregados o indirectos. Para el 2010 y los años posteriores emergen con fuerza investigaciones de enfoque regional, relacionadas especialmente con el impacto ambiental (Guilhoto, 2021; Ha et al., 2009; Ueda & Kunimitsu, 2017; Wiedmann et al., 2007).

En la construcción de IRIO se han venido estableciendo diferentes metodologías para la regionalización de tablas IO. Se trata de redistribuir datos existentes de escalas espaciales a subescalas y que, comúnmente, no gozan de información primaria. Dentro de las metodologías *non-survey* más usadas se encuentran los LQ y los métodos de balanceo de matrices con restricciones (Martínez-Alpañez et al., 2023).

Figura 1. Métodos de estimación regional non-survey



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra los métodos de estimación regional *non-survey* más estudiados y generalmente utilizados. En los próximos apartados se conceptualizará cada método y se dará igualmente detalle de otras tantas aplicaciones que no aparecen en la figura, ya sea porque tienen una cuantificación aún no demostrada empíricamente o porque relacionan varios métodos de los aquí mencionados, como es el caso del EURO Method, que combina algunas variantes del LQ con el método RAS.

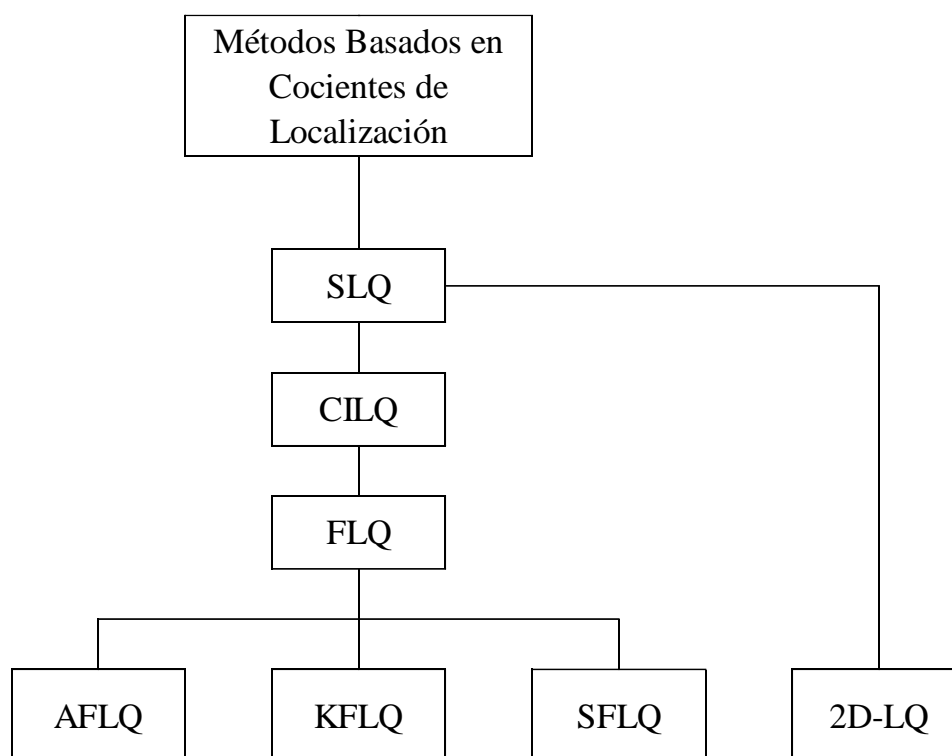
2.3.1 Cocientes de Localización

A partir de trabajos como los de Schaffer & Chu (1969), se inició la metodología LQ, encaminada a estimar tablas IO regionales, evitando así la insuficiencia de datos a una escala inferior a la nacional.

En general, un LQ es una medida que compara la importancia relativa de una industria en una región específica con su importancia a nivel nacional (Kronenberg, 2012). Comúnmente se calcula utilizando datos de empleo o producción por sectores. Si se llegase a dar un $LQ > 1$, quiere decir que la industria tiene una presencia más significativa en la región que en el país, por lo que se manifiesta una especialización regional. Si por el contrario se presenta un $LQ < 1$, la industria analizada está menos representada en la región, en comparación con el promedio nacional (Szabó, 2015).

Con la aplicación de los LQ básicos se han detectado algunas debilidades, por ejemplo, la sobreestimación del comercio intrarregional y la subestimación de las importaciones interregionales (Martínez-Alpañez et al., 2023). Esto ha llevado al diseño de extensiones LQ, expuestos en la siguiente figura:

Figura 2. Metodologías LQ para construir marcos contables regionales



Fuente: Elaboración propia.

Cada una de las variantes metodológicas parten de la formulación inicial SLQ o de alguna otra extensión. El objetivo principal es lograr los ajustes más apropiados de las matrices interregionales de acuerdo con las limitantes de información subterritorial.

2.3.1.1 SLQ (Simple Location Quotient)

Mencionado por primera vez por William A. Schaffer y Kee Chu en 1969, el método SLQ usa una formulación básica para estimar coeficientes IO a nivel subnacional actuando solamente por filas (Schaffer & Chu, 1969). Aquí se compara únicamente la aportación de una industria en la economía regional con su participación a nivel nacional y dando como resultado una medida de especialización regional del sector (Kronenberg, 2009; Lamónica & Chelli, 2018; Mardones & Silva, 2021). La formulación básica se presenta de la siguiente manera:

$$SLQ_i = \frac{\frac{x_i^r}{x_{\bullet}^r}}{\frac{x_i^n}{x_{\bullet}^n}} = \frac{\frac{x_i^r}{x_i^n}}{\frac{x_{\bullet}^r}{x_{\bullet}^n}} = \frac{wx_i^r}{wx^n} \quad (5)$$

Siendo:

x_i^r = La producción total del sector i en la región r .

x_i^n = La producción total del del sector i a nivel nacional.

x_{\bullet}^r y x_{\bullet}^n = Los agregados regionales y nacionales respectivamente.

wx_i^r = El peso del sector i en la región r .

wx^n = El peso (relativo) de la región r en la economía nacional.

Los coeficientes (de los inputs) emergen según el siguiente criterio:

$$\tilde{a}_{ij}^r = \begin{cases} a_{ij}^n SLQ_i & \text{si } SLQ_i < 1 \\ a_{ij}^n & \text{si } SLQ_i \geq 1 \end{cases} \quad (6)$$

Donde:

\tilde{a}_{ij}^r = El coeficiente estimado del input regional.

a_{ij}^n = El coeficiente del input nacional observado, dejando de lado los inputs importados.

Además de las restricciones mencionadas en el apartado anterior, el SLQ también descarta el transporte cruzado o bien conocido como “cross-hauling” (Stevens et al., 1988). El cross-hauling resulta de la importación y exportación simultánea de un producto específico y por una región específica (Többen & Kronenberg, 2015), llegando a subestimar las importaciones de una región, procedentes de otras regiones. A partir de esta formulación básica, fueron surgiendo diversas propuestas, en las que el SLQ está siempre presente.

2.3.1.2 CILQ (Cross-Industry Location Quotient)

Introduce rectificaciones mediante las interacciones entre industrias compradoras y vendedoras; es decir, a diferencia de los SLQ, esta extensión trabaja por filas y columnas, y con más de un sector.

$$CILQ_{ij} = \frac{SLQ_i}{SLQ_j} = \frac{x_i^r/x_i^n}{x_j^r/x_j^n} \quad (7)$$

Un $CILQ_{ij} > 1$ muestra una relación entre los sectores i y j más fuerte a nivel regional que nacional; es decir, refleja una mayor interdependencia entre las regiones estudiadas.

Con base en las tablas IO de la Zona Euro 19 para 10 países, Sánchez-Chóez et al (2022), buscaron evaluar la eficacia del CILQ y de sus variantes en las cuentas económicas regionales para datos *non-survey* que presentan grandes restricciones a causa de la escasez de información. Los resultados concluyen que una modificación en el método puede conducir a proyecciones más precisas en las tablas IO regionales, mejorando la comprensión de las estructuras locales productivas (Buendía Azorín et al., 2022).

Dentro de las limitaciones del CILQ se encuentra la no determinación del tamaño relativo de la región, así como tampoco las importaciones y exportaciones, generando una subestimación del comercio interregional (Buendía Azorín et al., 2022; Fukui, 2023; Kowalewski, 2015; Mardones & Silva, 2021; Sánchez-Chóez et al., 2022; Szabó, 2015).

2.3.1.3 FLQ (Flegg's Location Quotient)

Creada por Anthony T. Flegg y Chris D. Webber en 1997, incorpora el tamaño y la especialización industrial de la región para optimizar la estimación de los coeficientes regionales (Flegg et al., 1995; Flegg & Webber, 2000). Su trabajo se sustenta en que no existe una relación lineal entre el tamaño relativo de la región de estudio y su nivel de importaciones con otras regiones del territorio nacional.

$$FLQ_{ij} = \begin{cases} \lambda CILQ_{ij} & \text{para } i \neq j \\ \lambda SLQ_i & \text{para } i = j \end{cases} \quad (8)$$

Siendo λ el tamaño relativo de la región. Representando así:

$$\lambda = \left[\log_2 \left(1 + \frac{x \cdot r}{x \cdot n} \right) \right]^\delta \quad (9)$$

δ = corresponde al parámetro graduable que controla el nivel de convexidad ascendente de la ecuación. Cuanto mayor sea δ (valor que oscila entre 0 y 1), menor será el valor de λ , significando una mayor tolerancia a las importaciones.

Al incorporar estos ajustes por tamaño regional, el FLQ debería activar rectificaciones en los coeficientes de inputs regionales más precisos y de la misma manera en sus multiplicadores resultantes.

Algunas investigaciones han evidenciado que el FLQ puede presentar resultados óptimos frente a las variantes iniciales (Bonfiglio & Chelli, 2008; Flegg & Tohmo, 2016; Mardones & Silva, 2023). Sin embargo, Fujimoto (2019) presenta una dura crítica a la fórmula de Flegg. Menciona, por ejemplo, que no hay una justificación teórica para el valor de δ y se asume que la relación entre el tamaño regional y el comercio interregional puede ser presentada en una sola fórmula funcional. Por otro lado, no hay diversidad de las estructuras económicas y subestima la interdependencia entre sectores regionales en casos en los que existe *cross-hauling* o servicios no comercializables. Concluye que, para regiones muy pequeñas, o con un alto nivel de integración, el FLQ puede distorsionar las relaciones reales (Fujimoto, 2019).

En su defensa, Flegg (2021) reconoce que δ es un parámetro empírico pero que esto no lo invalida, presentando estudios donde δ , con valores entre 0,1 y 0,3, aporta buenos resultados. Indica igualmente que no busca sustituir métodos detallados, sino exponer una aplicación práctica cuando existen datos limitados, defendiendo la superioridad del FLQ frente al SLQ por la incorporación del tamaño relativo de la región. Algunas investigaciones confirman lo señalado por Flegg (2021), dando resultados en estudios como la elaboración de tablas IO intrarregionales (Hermannsson, 2016; Jahn, 2017), resaltando la estimación de multiplicadores interregionales (Jahn et al., 2020) e incluso desarrollando mediciones de impacto ambiental (García-Hernández & Brouwer, 2021).

2.3.1.4 AFLQ (Augmented Flegg's Location Quotient)

Funciona como una extensión del método FLQ. Considera la especialización regional y ajusta las diferencias en estructuras económicas entre regiones, buscando mejorar la estimación de los coeficientes (Buendía Azorín et al., 2022; Flegg et al., 2018, 2025).

$$AFLQ_{ij} = FLQ_{ij}[\log_2(1 + SLQ_j)] \quad (10)$$

Esta variante solo se puede aplicar cuando $SLQ_j > 1$; es decir, cuando existe una presencia más significativa del sector en la región que en el país. A diferencia de otras extensiones, el AFLQ puede adquirir valores por encima de la unidad. Fue utilizado en el cálculo birregional de Buenos Aires Capital y el resto de la Argentina, reflejando el éxito del método en los resultados (Mastronardi et al., 2022). No obstante, Flegg et al. (2025) mencionan que este mismo ejercicio se podría replicar con el FLQ, dando resultados similares y fuertemente concluyentes (Flegg & Tohmo, 2016; Lampiris et al., 2020).

2.3.1.5 KFLQ (K-Industry-Specific Flegg's Location Quotient)

Kwon & Choi (2024) propusieron una nueva extensión a partir del FLQ para tratar los problemas de sobreestimación de coeficientes input regionales en métodos *non-survey*. El KFLQ incorpora ajustes por industrias de productos no comerciales, mejorando la estimación y mitigando la distorsión de los coeficientes obtenidos mediante los anteriores LQ.

Los autores se concentran en el componente de la fórmula CILQ. Aquí introducen un ajuste, considerando diferentes escenarios donde tanto el SLQ de la industria i como de la industria j fuesen inferiores a 1 ($SLQ_i < 1$ y $SLQ_j < 1$) (Kwon & Choi, 2024).

En caso de que el $SLQ_i < SLQ_j$, entonces se tiene que $CILQ_{ij} < 1$, rectificándose a la baja el coeficiente input nacional. Si, por el contrario, $SLQ_i > SLQ_j$, no se realiza ningún ajuste. El hecho de no alterar el coeficiente nacional podría provocar una distorsión que, a su vez, puede ser corregida utilizando el SLQ_i como escalar (Flegg et al., 2025).

En KFLQ fue aplicado en la estimación de tablas IO regionales de 17 regiones de Corea del Sur para el 2015 y comparado con las estimaciones obtenidas de datos *survey*. Los resultados evidenciaron estimaciones más precisas que los métodos LQ anteriores (Tohmo, 2025).

2.3.1.6 SFLQ (*Sector-Specific Flegg's Location Quotient*)

Es una extensión del FLQ que agrega un factor adicional para lograr la estimación de los coeficientes regionales. Considera las particularidades de cada sector y presenta de una manera mucho más exacta la estructura regional (Kowalewski, 2015).

$$SFLQ_{ij} = CILQ \left[\log_2 \left(1 + \frac{x^r}{x^n} \right) \right]^{\delta_j} \quad (11)$$

La variación de δ_j implica que las particularidades industriales determinen la propensión a importar, por lo que se requiere identificar valores óptimos para δ_j de cada industria. Después, se debe comprobar si las industrias con mayor o menor δ_j comparten características similares, condición fundamental para la transferencia del SFLQ a otras regiones (Kowalewski, 2015).

Un estudio cuyo enfoque fue la adaptación de tablas IO nacionales aplicadas a 16 regiones surcoreanas, formalizaron la aplicación del SFLQ en comparación con el FLQ, prestando atención, principalmente, al valor del parámetro δ . Los resultados muestran la precisión de las estimaciones ante un ajuste adecuado de δ (Flegg & Tohmo, 2019).

2.3.1.7 2D-LQ (*Bidimensional – LQ*)

Este método reformula la base inicial del SLQ y rompe con el esquema de las técnicas anteriormente mencionadas. Presentado por primera vez por Pereira-López et al. (2020), esta técnica mejora la estimación de las tablas IO regionales teniendo en cuenta la estructura económica de cada región, la interrelación sectorial y las dinámicas entre regiones de una manera más detallada. Aplica rectificaciones bidimensionales a través de funciones de activación que actúan, de una forma concreta, sobre la especialización sectorial de cada región y el tamaño de la industria (Pereira-López et al., 2020).

Concretamente, el objetivo del método 2D-LQ se encausó en la búsqueda de un mayor ajuste en MRIO y la precisión en la interacción de los sectores y regiones, que producen y consumen bienes y servicios. Además, la técnica puede extrapolarse a otros contextos, tales como la proyección de matrices flujo, coeficientes totales o multiplicadores (Pereira-López et al., 2021).

Este enfoque bidimensional se presenta así:

$$\tilde{A}^R = R(\alpha)A^N S(\beta) \quad (12)$$

Donde:

A = Corresponde a la matriz de coeficientes domésticos.

$R(\alpha)$ y $S(\beta)$ = Son matrices diagonales, donde los elementos que aparecen en la diagonal principal representan los factores de ponderación por filas y columnas de forma respectiva.

α y β = Son escalares que representan los parámetros que influyen en las rectificaciones. Se contemplan diferentes maneras de abordar las correcciones (no hay un comportamiento único). Por lo general, α y β toman valores entre 0,6 – 1,2 y 0,15 – 0,30 respectivamente, para alcanzar estimaciones óptimas.

El método puede utilizar igualmente diferentes funciones de activación, como es el caso de la tangente hiperbólica, semilogarítmica o potencial.

Entonces, \tilde{A}^R como matriz proyectada es:

$$\tilde{a}_{ij}^R = \begin{cases} (SLQ_i)^\alpha a_{ij}^N (wx_j^R)^\beta & \text{si } SLQ_i \leq 1 \\ \left[\frac{1}{2} \tan h (SLQ_i - 1) + 1 \right]^\alpha a_{ij}^N (wx_j^R)^\beta & \text{si } SLQ_i > 1 \end{cases} \quad (13)$$

La función $y = \tan h(x)$ es creciente cuando $x > 0$, y si tiende a $+\infty$, la función tiende a 1, evidenciando un comportamiento asintótico en relación con la línea $y = 1$.

Aquí, la función $\left[\frac{1}{2} \tan h (SLQ_i - 1) + 1 \right]^\alpha$ asigna factores ligeramente mayores cuando $SLQ_i > 1$ que los de la tabla de referencia (Pereira-López et al., 2021).

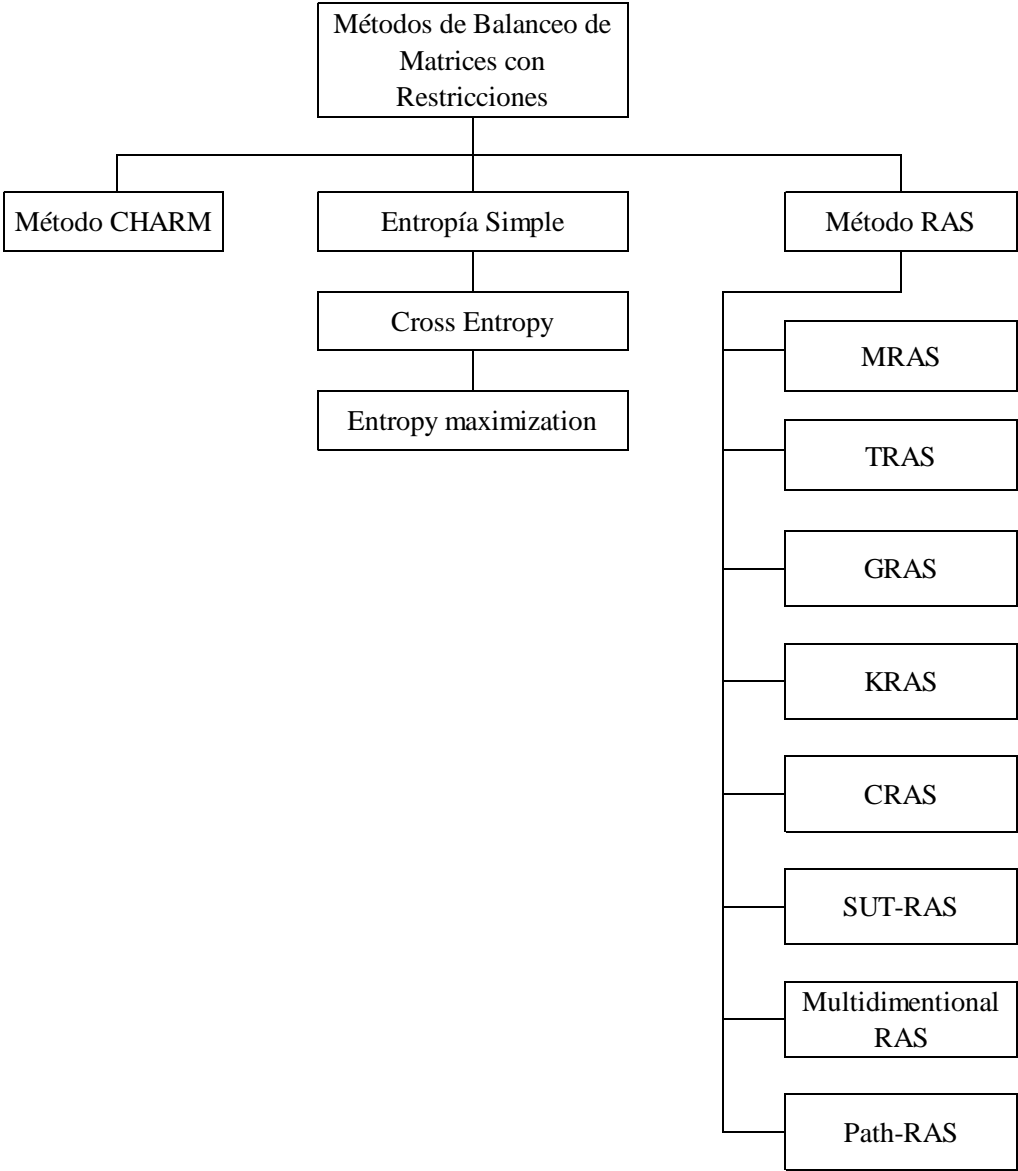
Con el fin de validar el proceso metodológico propuesto, se utilizaron las tablas IO de la Euro zona para 10 países en los años 2010 y 2015, y se compararon los resultados obtenidos de las demás variantes (CILQ, FLQ, AFLQ y 2D-LQ). El ejercicio mostró mejores resultados en el 2D-LQ en términos de coeficientes nacionales y multiplicadores derivados (Pereira-López et al., 2021). Por otro lado, la investigación de Martínez-Alpañez (2023) utilizó la tabla IO multirregional de Corea del Sur para el año 2015 con el objetivo de comparar metodologías de regionalización basadas en LQ. Los resultados probaron la superioridad en la bondad de ajuste del 2D-LQ frente a otros métodos, como el FLQ.

Otro de los métodos destacados bajo la estructura LQ es el HTLQ (Hyperbolic Tangent Location Quotient). Esta es una formulación alternativa, donde la tangente hiperbólica incide de manera directa sobre los CILQ (Flegg et al., 2025). Combina tres indicadores LQ con el fin de superar las limitaciones de los métodos base (SLQ, CILQ, FLQ, KFLQ, SFLQ) y ajustar de forma más precisa las interacciones sectoriales. Dentro del estudio realizado por Flegg et al. (2025), se mencionan algunas ventajas como la estimación más realista en regiones con atípicas estructuras económicas, ostenta una mejor estimación del coeficiente regional, y presenta el mismo comportamiento en el ajuste de regiones grandes y pequeñas. Debido a la publicación reciente del artículo, a la fecha no se han presentado aplicaciones prácticas de verificación empírica para el método HTLQ.

2.3.2 Métodos de balanceo de matrices con restricciones

Además de los métodos basados en LQ, se presentan los métodos de balanceo de matrices con restricciones que son igualmente utilizados para estimar, a partir de tablas IO nacionales, matrices regionales; en este caso, aplicando restricciones específicas. El objetivo es mantener la coherencia contable de la matriz, mientras se introducen datos regionales parciales o agregados, que normalmente presentan restricciones. Es de balanceo porque ajusta los valores de la matriz cumpliendo que, por ejemplo, las entradas totales, igualen las salidas totales en cada sector. Y es de restricciones, al involucrar datos adicionales como la producción y/o el consumo final regional, coeficientes técnicos, comercio interregional, entre otros (Jackson & Schwarm, 2011; Junius & Oosterhaven, 2003; Lenzen & Rueda-Cantuche, 2012; Temurshoev et al., 2013).

Figura 3. Métodos de balanceo de matrices con restricciones



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 3 muestra algunos de los métodos de balanceo con restricciones comúnmente utilizados. A continuación, se exponen conceptualmente, permitiendo así, identificar los avances y por supuesto, las restricciones o limitantes de cada método; facilitando el reconocimiento de la técnica que mejor se ajusta a las necesidades específicas de los estudios requeridos.

2.3.2.1 Método CHARM

El *Cross-Hauling Adjusted Regionalization Method* (CHARM) forma parte de las metodologías de balanceo de matrices con restricciones y es utilizado comúnmente en la planificación de transporte y logística, dividiendo áreas con base en algunos criterios específicos. En este se aborda, especialmente, el fenómeno “cross-hauling” que ocurre, como se mencionaba anteriormente, cuando una región exporta e importa simultáneamente el mismo producto y ajusta, sistemáticamente, tanto las importaciones como las exportaciones (Flegg et al., 2013). Posteriormente, estima el volumen del cross-hauling según la producción, la demanda y la heterogeneidad de los productos (Flegg et al., 2013, 2015; Huang et al., 2014). Esta última mide las diferencias de bienes y servicios a partir de datos nacionales, y actúa como un influyente directo de la probabilidad de ocurrencia del cross-hauling.

Para el cálculo de los flujos interregionales, se tiene que:

$$x_{ij} = \sum_r (COEF_r \times F_r) \quad (14)$$

Dónde:

Para cada región r , se calculan los flujos interregionales de productos.

x_{ij} = Es el flujo de bienes y servicios de la región i y j .

$COEF_r$ = Son los coeficientes de regionalización calculados para cada región r .

F_r = Es el valor de los flujos económicos entre regiones, calculados con el método CHARM.

Luego, se utiliza el patrón de interacciones entre las regiones y se distribuyen los flujos mediante los coeficientes resultantes (Miller & Blair, 2009).

En los modelos de regionalización se presentan distinciones de acuerdo con la exactitud del ajuste, dependiendo de aspectos como la asignación de importaciones. Según European System of Accounts (ESA), dentro de la matriz de transacciones intersectoriales o fuera de ella, existe la asignación directa de importaciones, que representan aquellas que

van de manera inmediata al sector que las vende (final) y, en consecuencia, a las cuentas nacionales. Mientras que la asignación indirecta de importaciones se confiere a quien requiere de este input para la elaboración del output final, formando parte del Valor Agregado de la producción nacional (2013).

Estando expuestos a la regionalización de tablas IO con importaciones asignadas de manera indirecta, el método CHARM es más adecuado; mientras que métodos como los LQ, presentan mejores resultados en importaciones directas (Kronenberg, 2009).

Algunos estudios, como el concebido en Uusimaa, una provincia de Finlandia muestra resultados satisfactorios, comprobando la importancia de relacionar el intercambio de bienes entre regiones que pueden no estar relacionados con el patrón de producción regional (Flegg & Tohmo, 2011). Por otro lado, la investigación realizada en Hubei, provincia de China, revela datos menos satisfactorios para exportaciones, importaciones y volumen de comercio sectorial, llegando a sobreestimaciones (Huang et al., 2014). Los errores se atribuyeron a las diferencias en la tecnología regional y nacional, las divergencias en la demanda final y la heterogeneidad de los productos, destacando igualmente limitaciones del CHARM en regiones más pequeñas (Huang et al., 2014).

Existen otras estimaciones *ad hoc* para el comercio interregional de tablas IO, que parten de métodos no estandarizados y son normalmente empleados cuando no se dispone de datos empíricos directos, correspondientes a las regiones estudiadas. Los métodos utilizan supuestos simples, reglas de proporcionalidad o técnicas indirectas que desagregan las tablas nacionales en regionales. Dicho de otra manera, se desarrolla un ajuste de una matriz nacional a un contexto regional sujeto a restricciones de producción, consumo y/o empleo, utilizando estimaciones teóricamente fundadas y estadísticamente consistentes con métodos *ad hoc* o proporcionales simples (Robinson et al., 2001). Algunas hipótesis *ad hoc* son, por ejemplo, el asumir que las regiones comercian entre sí en proporción a su producción o demanda final; utilizar factores como la distancia geográfica y el tamaño de la economía para cuantificar el flujo comercial, entre otros. Aunque por la escasez de los datos, las estimaciones del comercio interregional parten por lo general de supuestos *ad hoc*, esta dinámica puede provocar incertidumbre en lo MRIO (Miller & Blair, 2009). Por otro lado, Hewings et al. (1999) mencionan que los métodos *ad hoc* deben ser usados con cautela porque, aunque pueden ser una necesidad práctica, requieren de una constante validación cruzada.

2.3.2.2 Entropía

De acuerdo con lo anterior, la entropía aparece como uno de los métodos de balanceo de matrices con restricciones bajo la dinámica *ad hoc* (Wilson, 1970). Partiendo de su definición de incertidumbre o aleatoriedad de un sistema o valor, busca optimizar el proceso de agrupación de actividades económicas con las interacciones entre sectores y regiones (Leontief, 1986). Existen varios enfoques de entropía. Dentro de los más utilizados en el ejercicio de regionalización se encuentran el método de entropía simple, el cross-entropy y entropy maximization.

2.3.2.2.1 Entropía simple

El método de entropía simple busca medir el grado de dependencia entre distintas regiones de un territorio en particular (Zheng et al., 2022). Una vez divididos los sectores de la tabla IO analizada en subregiones, se calcula el valor de la entropía.

$$H = - \sum_i p_i \ln(p_i) \quad (15)$$

Siendo p_i la proporción de un sector con respecto a la tabla IO total, identificando el nivel de dispersión o concentración de los flujos entre sectores. La entropía básica solo utiliza las tablas IO y deja de lado cualquier información adicional que pueda ser influyente para evitar la sensibilidad de los datos ante cambios en la estructura de la tabla.

Este método fue trabajado en la provincia de Hebei, en China, para identificar la huella de carbono. El ejercicio mostró discrepancia en los datos de emisiones de las MRIO, debido a datos conflictivos en las tablas analizadas; evidenciando la gran sensibilidad en los datos ante la no presentación de factores externos (Zheng et al., 2022).

2.3.2.2.2 Cross Entropy

Dentro de los procedimientos de actualización a través de la optimización matemática, se encuentra la entropía cruzada. Este método busca la minimización de la divergencia Kullback-Leibler (KL), que mide la diferencia entre dos distribuciones de probabilidad; en el caso de los MRIO serían, la distribución nacional y la regional. A partir del proceso iterativo y

las diferentes restricciones (como la demanda final, la producción, entre otros), se busca que la distribución regional sea lo más parecido a la nacional (Miller & Blair, 2009).

Para la minimización de la divergencia de KL, se tiene:

$$\min \sum_{i,j} x_{ij} \log \left(\frac{x_{ij}}{x_{ij}^0} \right) \quad (16)$$

Donde:

x_{ij} = Corresponde al elemento estimado de la MRIO.

x_{ij}^0 = Es el elemento en la tabla IO nacional.

De la notación anterior, se presentan las restricciones:

$$\sum_j x_{ij} = R_i \quad (17)$$

Restricciones por fila, siendo R_i los inputs totales regionales conocidos por filas.

$$\sum_i x_{ij} = C_j \quad (18)$$

Restricciones por columna, siendo C_j los outputs totales regionales conocidos por columna (Judge, 1996; Robinson & El-Said, 2000).

Algunas de las dificultades que presenta el cross-entropy, responden a la imprecisión de los datos ante restricciones regionales insuficientes, lo que lleva a necesitar cierta cantidad de datos regionales que normalmente no están disponibles o existentes (Flegg et al., 2021; Lamonica et al., 2020; Leontief, 1986; Miller & Blair, 2009).

Estudios como Lamonica et al. (2020), analizan la eficacia del modelo cross-entropy con otras metodologías de balanceo de matrices, para el cálculo de coeficientes técnicos en los MRIO. El ejercicio comparativo concluye que el método RAS (expuesto a detalle posteriormente) presenta un mejor ajuste que el cross-entropy; sin embargo, este rendimiento varía entre países de manera significativa. Igualmente indica que, el cross-entropy mejora el LQ y supera a otras variantes de los métodos de Entropía.

2.3.2.2.3 Entropy maximization

La última extensión en este tipo de métodos por balaceo de matrices con restricciones es entropy maximization. Esta estima igualmente una tabla IO regional con base en una tabla IO nacional respetando, por ejemplo, restricciones como los totales por filas y columnas y utilizando el mínimo de información posible (Hewings & Fernandez-Vazquez, 2019; Wilson, 1970). Para maximizar la entropía de la distribución de los flujos interindustriales, se tiene que:

$$\max - \sum_i \sum_j x_{ij} \ln \left(\frac{x_{ij}}{x_{ij}^0} \right) \quad (19)$$

Donde:

x_{ij} = El flujo estimado del sector i hasta el sector j en la región.

x_{ij}^0 = El valor base de la tabla IO nacional.

Las restricciones se representan con sigue:

$$\sum_j x_{ij} = R_i \quad \forall i \quad (20)$$

Restricción por fila (oferta regional por sector)

$$\sum_i x_{ij} = C_j \quad \forall j \quad (21)$$

Restricción por columna (demanda regional por sector)

Para todo $x_{ij} > 0 \quad \forall i, j$.

Al igual que el cross-entropy, este es un problema de optimización convexa que puede ser solucionado mediante el método Iterative Proportional Fitting (IPF), que se expondrá más adelante.

Caggiani et al. (2014) propone un modelo basado en la unión de la maximización de la entropía para estimar distribuciones más ajustadas de flujos económicos, y de la optimización difusa para modelar la incertidumbre y la imprecisión de los datos. Con este método buscaron estimar simultáneamente los niveles de producción, los coeficientes comerciales y la demanda final. Los resultados fueron efectivos para la construcción de MRIO con alto nivel de incertidumbre ante la imprecisión y limitación de los datos. Varias han sido las opiniones acerca la aplicabilidad y la importancia de la maximización de la entropía, dando como conclusión la importancia de esta herramienta para el análisis económico regional, principalmente, donde los datos son escasos e inconsistentes. Su estudio logró estimaciones robustas y ajustadas con las relaciones económicas intersectoriales (Caggiani et al., 2014; Hewings & Fernandez-Vazquez, 2019; Judge, 1996; Sengupta, 1992; Wilson, 1970).

2.3.2.3 RAS

Para lograr soluciones que respeten los condicionantes de índole económico, adicional a las técnicas LQ, casi siempre se hace necesario implementar métodos IPF. Estas técnicas son usadas para el ajuste de matrices, manteniendo los totales marginales por filas y columnas, estimando el contenido interno de la matriz (Fienberg, 1970; Lahr, 1993; Temurshoev et al., 2013). En el caso de la desagregación de matrices nacionales a regionales o a una escala inferior, donde los datos son limitantes, se parte de la premisa de que la estructura técnica regional es similar a la de la escala mayor estudiada y ajustando a partir de restricciones de producción o consumo. Sin embargo, varias de sus condicionantes corresponden a la alta dependencia sobre la matriz base (más adelante, llamada matriz PRIOR), que determina una estructura proporcional y no identifica las particularidades tecnológicas y comerciales de la región (Fienberg, 1970; Junius & Oosterhaven, 2003; Lahr, 1993; Miller & Blair, 2009).

En el ámbito económico, el IPF se conoce como el método RAS, empleado por primera vez por Stone & Brown (1962). La idea de rectificación consiste en multiplicar los elementos de una matriz base por coeficientes correctores (Pereira López et al., 2012). Así se ajusta de forma automática la matriz de referencia según las restricciones establecidas de fila y columna, buscando mantener la estructura original lo más intacta posible (de la

Torre Cuevas 2023). En la regionalización, el RAS se utiliza para proyectar las tablas nacionales a condiciones regionales específicas.

Sus siglas provienen de los multiplicadores que ajustan por filas (R) y columnas (S), siendo (A) la matriz de coeficientes técnicos o la matriz PRIOR de rectificación. El objetivo es llevar, por ejemplo, una tabla IO nacional a una regional, ajustando a nuevos totales marginales como la producción y el consumo intermedio, buscando mantener la estructura interna lo más cercana posible a la matriz base (Pereira López et al., 2012).

Partiendo de una matriz inicial $A = (a_{ij})$ y de nuevos totales para regionalización por fila u_i y por columna v_j , se busca llegar a la matriz ajustada $X = (x_{ij})$, donde:

$$x_{ij} = r_i a_{ij} s_j \quad (22)$$

Siendo:

r_i = Los factores de ajuste por fila (producción).

s_j = Los factores de ajuste por columna (demanda).

x_{ij} = Los elementos ajustados para la regionalización.

Una vez concebida esta información, se procede con el ejercicio iterativo; inicialmente en el ajuste por filas:

$$r_i = \frac{u_i}{\sum_j a_{ij} s_j} \quad (23)$$

Posteriormente, se realiza el ajuste por columnas:

$$s_j = \frac{v_j}{\sum_i a_{ij} r_i} \quad (24)$$

Este procedimiento se ejecuta hasta que converjan los totales de filas y columnas establecidos.

A lo largo del tiempo, se han propuesto diversas variantes del método RAS, cada una con características específicas (Mínguez et al., 2009). La Tabla 1 pretende dar claridad de las extensiones metodológicas más utilizadas en la actualidad científica.

Tabla 1. Detalle conceptual del método RAS y sus variantes

Método	Descripción	Fuente
RAS	Presentada por Stone en 1962 para ajustar iterativamente una matriz, logrando que la suma de las filas y columnas sean constantes, manteniendo su estructura inicial.	(Stone, 1962)
MRAS (Modified RAS)	Es una extensión del RAS básico, en el que se realiza la agregación de datos y/o restricciones, permitiendo manejar en las matrices ceros estructurales; es decir, se puede utilizar la metodología en escenarios de información parcial.	(Allen & Lecomber, 1975)
TRAS (Three-stage RAS)	A diferencia de los otros métodos, el TRAS se caracteriza por introducir un tercer vector de control junto con los vectores de fila y columna comúnmente trabajados. Se utiliza cuando existe más información estructural, ya que el tercer vector puede representar datos sectoriales o variables sobre las que se llegue a un ajuste más detallado.	(Gilchrist & Louis, 1999)
GRAS (Generalized RAS)	El método GRAS partió de la búsqueda por resolver la actualización de matrices que poseen valores negativos, asegurando que la estructura original, positiva y negativa de la matriz, se mantenga y presente un ajuste más realista.	(Junius & Oosterhaven, 2003)
KRAS (Konfliktfreies RAS)	Este método resuelve inconsistencias entre los totales de filas y columnas ocasionadas por conflictos entre los datos disponibles y que generan la no convergencia del RAS base. Aquí se desarrollan ponderaciones o se flexibilizan las restricciones de ajuste, trabajando con datos incompletos y/o de diferentes fuentes.	(Lenzen et al., 2007)
CRAS (Cell-corrected RAS)	Con el fin de obtener información más precisa, el método CRAS introduce correcciones por celdas específicas en lugar de realizar ajustes uniformes como lo hacen los demás RAS. Aquí se limita la modificación de algunos datos sobre los que se desea preservar su valor después del balanceo. Aun así, el resultado guarda coherencia con los totales marginales.	(Minguez et al., 2009)
SUT-RAS	Comúnmente, las tablas Supply-Use (SUT), se han estimado de forma separada. Para la oferta en la producción e importaciones; y la para la demanda en consumo, inversión, exportaciones, entre otros. El objetivo del SUT-RAS es estimar simultáneamente las SUT, cumpliendo las restricciones contables. Este método se basa en técnicas estadísticas bayesianas y usa igualmente, la verosimilitud conjunta de las observaciones disponibles. También incorpora restricciones estructurales y fuentes de datos múltiples, dando un ajuste mucho más realista en la desagregación territorial.	(Temurshoev & Timmer, 2011)
Multidimensional RAS (mRAS)	El multidimensional RAS o mRAS, es comúnmente utilizado en la actualización de matrices que poseen más de dos dimensiones; es decir, tablas IO desagregadas por territorio, industria y tipo de producto ajustando los totales marginales en todas las dimensiones hasta alcanzar la convergencia. Puede ser útil en análisis multirregionales.	(Holý & Šafr, 2023)
Path-RAS	La metodología Path-RAS actualiza un conjunto de matrices a lo largo del tiempo, asegurando una transición suave y coherente entre periodos y utilizando la clasificación de matrices iniciales y finales, sobre las que se construyen matrices intermedias. Este método es susceptible de uso en la construcción de SUT, facilitando análisis económicos de mayor precisión con menores requerimientos de información. Aquí también se pueden realizar correcciones específicas a nivel de celdas.	(Pereira-López & Rueda-Cantucho, 2013)

Fuente: Elaboración propia

Dentro de los estudios que consideran el método RAS, se encuentra Czamanski & Malizia (1969). Aquí se comparan algunas metodologías que reflejan la superioridad del RAS respecto a otros métodos de ajuste de matrices IO regionales. En el caso de Martellato (1982), se realizaron aplicaciones en MRIO, que examinan las relaciones comerciales de la Toscana con el Resto de Italia a través de flujos nacionales e internacionales. Otras investigaciones compararon métodos a partir de datos empíricos. Lenzen et al. (2009) aplican el KRAS en cuatro casos prácticos, evidenciando una solución intermedia entre restricciones inconsistentes; característica que no se presenta en el RAS y el GRAS. Temurshoev et al. (2011) analizaron el desempeño de algunos métodos como el RAS y el GRAS para la proyección de SUT con datos de Países Bajos y España. Los resultados muestran una preponderancia del GRAS al ofrecer datos más precisos. Paralelo a esta investigación, Temurshoev & Timmer (2011) comparan los resultados de su método SUT-RAS con otras metodologías RAS para las economías de España del año 2005 en SUT a precios básicos y luego a precios de adquisición, así como con la separación de tablas domésticas e importadas. Los investigadores ratifican la superioridad de la aplicación, en relación con los métodos que le anteceden. Holý & Šafr (2023) mostraron una aplicación empírica del método multidimensional RAS a las tablas IO de República Checa en dimensiones regionales, temporales trimestrales y de origen doméstico e importado, mejorando los resultados de las anteriores variantes e identificando la equivalencia con el modelo de entropía cruzada multidimensional. En el caso del Path-RAS, los autores muestran una aplicación del método para la deflación de precios a SUT de Galicia, al noroeste de España. La propuesta calcula deflatores específicos por celda, reduciendo la necesidad de información, dando como conclusión la robustez y eficacia del método (López & de la Torre Cuevas, 2023).

Partiendo de la necesidad de obtener datos consecuentes a escala regional y con el fin de realizar políticas económicas y decisiones de orden subterritorial, se gestó el proyecto de cooperación europea, llamado “Regionalization of National Input-Output Tables: The EURO Method”, liderado por Eurostat (EUROSTAT, 2008). En este contexto se diseñó el método EURO, para la estimación de MRIO ante la escasez de datos regionales y partiendo del supuesto de proporcionalidad. La aplicación parte de una matriz base (nacional), utiliza coeficientes técnicos ajustados por ponderadores regionales y posterior aplica la técnica de regionalización LQ y el método RAS. Aquí se ajustan

simultáneamente todas las secciones, buscando asegurar una coherencia integral, utiliza factores de escala basadas en proyecciones sectoriales del Valor Añadido (VAB) y, por último, se realizan iteraciones hasta la convergencia (EUROSTAT, 2008; S. Huang & Koutroumpis, 2023; OECD, 2002; Temursho, 2021).

Dentro de los principales estudios se encuentra la formalización de una base de datos de MRIO para 272 regiones de la Unión Europea entre los años 2008 y 2018. Utilizando los datos de Eurostat, se permitió un análisis regionalizado de las interacciones económicas y medioambientales de Europa. El resultado fue una base de datos que evalúa los flujos económicos y los impactos ambientales entre regiones (Huang & Koutroumpis, 2023).

Muchos han sido los métodos gestados para el cálculo preciso de MRIO y los IRIO, creando variantes, fusiones, nuevos parámetros y restricciones. La secuencia de lo presentado muestra la robustez de los avances y el cumplimiento de nuevos condicionantes que ajustan cada vez más los resultados de matrices con una escala inferior a la nacional, y logrando conclusiones fuertes para la presentación de políticas efectivas.

El objetivo principal de esta investigación es avanzar en la garantía de las matrices regionales con base en técnicas *non-survey*. Se pretende exponer una nueva metodología que sea punto de partida para nuevos análisis y posibles desarrollos metodológicos. Por último, se formalizará un ejercicio empírico subterritorial a escala local (donde los datos son casi nulos), comparando algunas metodologías ya existentes y comprobando las diferencias con la metodología propuesta.

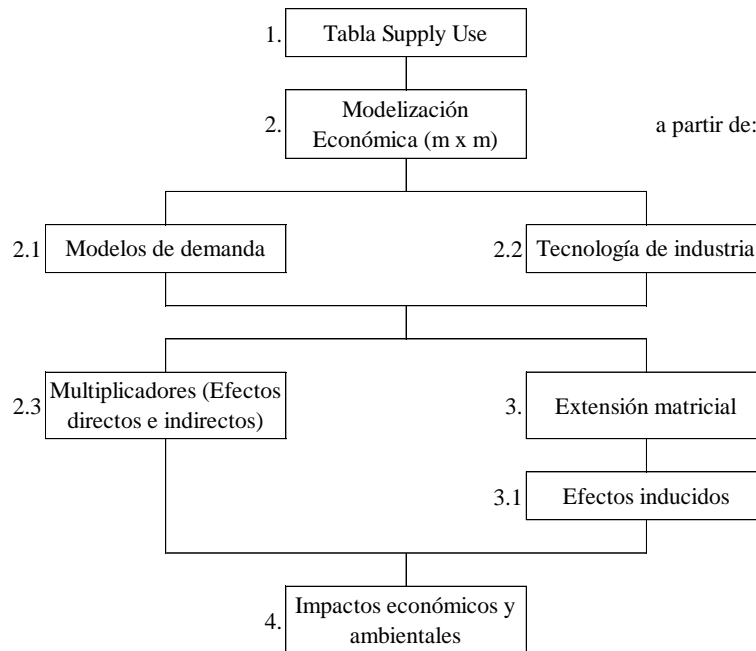
2.4 CONTEXTO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

El proceso metodológico de la presente tesis doctoral se asienta en la base conceptual de las SUT. De entrada, los estudios de impacto se circunscriben a nivel regional. Después, se implementan modificaciones de técnicas *non-survey* para dar paso a formatos IRIO subregional, afrontando así la escasez de información disponible para atender las necesidades de análisis a escala local.

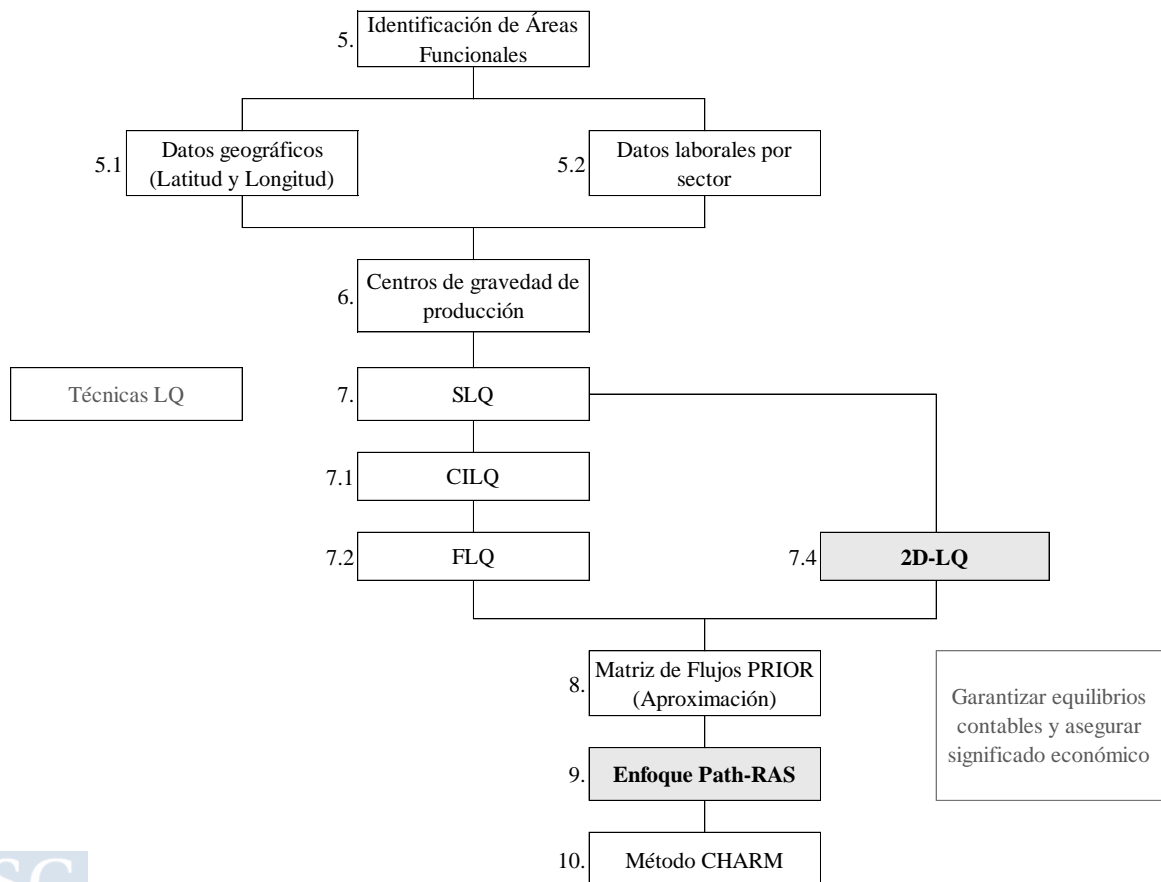
La Figura 4 representa la estructura metodológica llevada a cabo para responder a los objetivos establecidos.

Figura 4. Estructura metodológica IO regional e interregional

Escala Estándar (Regional)



Escala Subterritorial: Método Path-Q-Plus

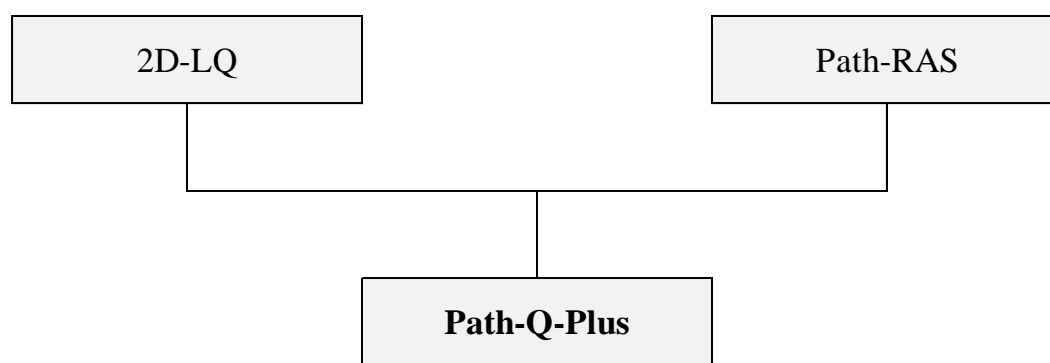


Fuente: Elaboración propia

Cada proceso llevado a cabo, según se muestra en la Figura 4, evidencia un ejercicio enfocado en las SUT, buscando la mayor desagregación posible de información. Esto posibilita un análisis más detallado con la construcción consciente de la información desde su base. Posteriormente, se realiza una desagregación territorial congruente con una o varias variables de relevancia económica, lo que facilita la segmentación del territorio en lo que se denomina, de aquí en adelante, “áreas funcionales”. Luego, se establece una relación espacial en función de los centros de gravedad de producción de los que se deriva la matriz PRIOR para cada técnica LQ aplicada y comparada. Finalmente, se utiliza el Path-RAS para el balanceo de matrices con restricciones, generando los resultados de la nueva metodología y facilitando la cuantificación del cross-hauling.

La metodología Path-Q-Plus enlaza el 2D-LQ y el balance con restricciones tipo Path-RAS, ambos expuestos por Pereira-López (López & de la Torre Cuevas, 2023; Pereira-López et al., 2020). La relación de estos métodos pretende la eliminación de la concentración de los datos sobre la diagonal principal de las matrices analizadas y expone datos más precisos de las IRIO a escala local. Gráficamente, se presenta en la Figura 5.

Figura 5. Metodología Path-Q-Plus



Fuente: Elaboración propia

Path hace referencia a las distintas vías y/o caminos que dan salida –solución– a un problema específico. En este contexto de estimación de matrices regionales, el 2D-LQ se simplifica a través de la letra *Q*. Finalmente, la expresión *Plus* corresponde a la capacidad de adaptación de la metodología propuesta a diferentes escenarios.



A continuación, se detalla la estructura de la Figura 4 en cada una de las 10 secuencias, para llegar a los resultados conceptuales del formato IRIO.

2.4.1 ESCALA ESTANDAR REGIONAL

2.4.1.1 Tablas Supply-Use -1-

Las tablas IO rectangulares se pueden combinar en un único marco contable comúnmente conocido como las SUT. Estas pueden ser trabajadas con distintas valoraciones de flujos. A precios básicos se registran valores desde la producción y tomando como base la tabla de origen. Alternativamente, se tiene la valoración a precios de adquisición, utilizando la tabla de destino y considerando el registro del empleo y demás valores de distribución.

El principal objetivo por el que se utilizan las SUT es evitar la agregación de los datos que se generan en las tablas IO simétricas, impidiendo ver el detalle de algunos bienes y servicios que no aparecen desagregados.

Esquemáticamente, las SUT se pueden presentar en formato contable como se expone en la Tabla 2.

Tabla 2. Tabla Supply -Use (SUT)

	Productos	Industria	Demanda Final	Σ
Productos		U^d	Y^d	q
Productos		U^m	Y^m	m
Valor Añadido		W		w
Industria	V			x
Importaciones	\square			\square
Σ	$q^T + m^T$	x^T	f^T	

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Pereira López et al., 2023)

Para m productos y n industrias (ramas), las matrices U^d y U^m representan la matriz Use; es decir, el consumo para la producción intermedia de bienes domésticos (d) e importados (m); ambas matrices poseen una dimensión $m \times n$. Las matrices Y^d y Y^m

corresponden a la producción doméstica e importada respectivamente para el consumo de la demanda final. Estas matrices poseen una dimensión de $m \times z$, siendo z la representación del número de componentes de demanda final. La matriz W corresponde al Valor Añadido Bruto (VAB), con dimensiones de $n \times p$, con p como el número de componentes del Valor Añadido. V denota la matriz Supply de dimensiones $n \times m$, en la que cada industria provee para cada producto. La matriz M corresponde a los flujos importados de productos, donde su dimensión es de $m \times o$, donde o denota el número de orígenes de la importación. Para los vectores se presenta la siguiente definición, q y m , son el total de Supply–Use para los productos (tanto domésticos como importados), mientras que los vectores x y w representan la producción y el Valor Añadido por ramas de actividad, respectivamente. Por último, o contine el total de las importaciones por origen.

2.4.1.2 Modelización económica -2-

Para el cálculo de los multiplicadores, se pueden establecer dos tipos de relaciones entre productos y ramas de actividad. En un caso se debe obedecer a la estructura de filas de la matriz de producción y en el otro caso a la estructura de columnas. Así se tienen modelos basados en un supuesto de tecnología de producto, donde cada producto se elabora con una tecnología característica, independientemente del sector económico que lo produzca. Para esto, se considera la estabilidad de la matriz de coeficientes de especialización C ; es decir, se mantiene estable la estructura de filas de la matriz de producción V . Es común que los modelos de tecnología de producto presenten problemas en los valores de los multiplicadores, dado que fácilmente pueden surgir cifras negativas (ten Raa & Rueda-Cantuche, 2013).

Por otro lado, se tienen modelos basados en un supuesto de tecnología de industria, donde cada producto se fabrica de acuerdo con la tecnología del sector, y la producción de productos secundarios no difiere de la de los productos principales. Aquí se considera la estabilidad de los coeficientes de mercado, D . Es decir, la estructura de las columnas de V se mantiene sin cambios.

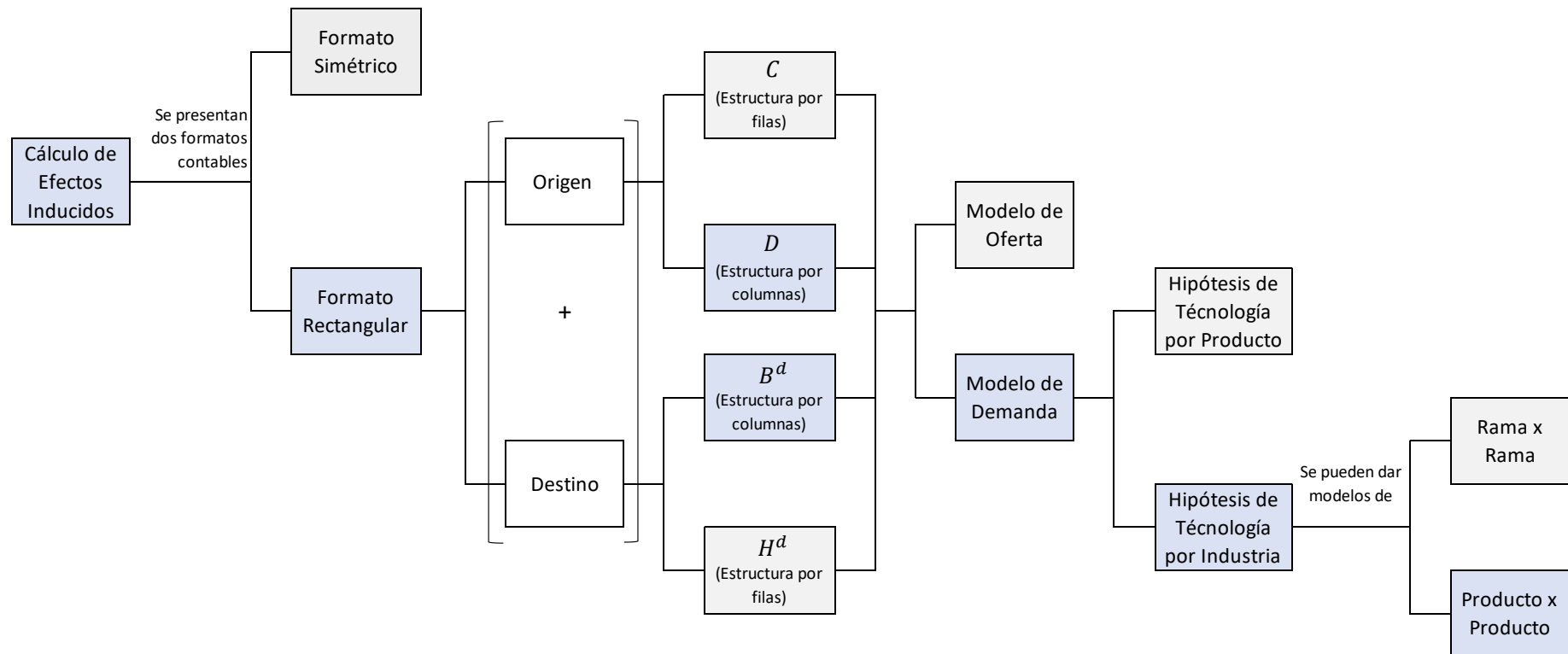
Para el desarrollo de modelos de demanda se hace uso de la inversa de Leontief y vectores que permitan cuantificar los impactos en la economía ocasionados según la

estructura de consumo de los diferentes focos de estudio. Los impactos hallados a partir de los multiplicadores son los directos e indirectos. Los primeros corresponden a los bienes y servicios de la industria sobre la que se está analizando el efecto. Los segundos, son los impactos sobre los bienes y servicios intermedios; es decir, los que apoyan la operación del sector económico de estudio.

2.4.1.3 Extensión matricial -3-

Una vez identificados los efectos directos e indirectos, se busca dar valor a los efectos inducidos correspondientes a la derrama económica ocasionada por el consumo de los residentes de un territorio, a causa del ingreso generado por el empleo en las industrias con un impacto directo e indirecto.

Figura 6. Cálculo de los efectos inducidos a partir del marco IO



Fuente: Elaboración propia

La Figura 6 muestra inicialmente la posibilidad de identificar los efectos inducidos a través de tablas IO simétricas o rectangulares. En el contexto simétrico, Miller & Blair (2009) comenzaron con la búsqueda de los efectos inducidos, añadiendo filas y columnas a la matriz base. En esta investigación se hace la extensión de las matrices, pero sobre la base de tablas IO rectangulares.

Como los efectos inducidos corresponden al consumo doméstico a causa de los salarios adquiridos en los sectores económicos que se ven afectados de manera directa e indirecta, sobre la tabla de origen se trabajó la estructura de la matriz \mathbf{D} . Para la tabla de destino, se representa \mathbf{B} como la matriz de coeficientes técnicos (columna) no homogéneos. Para poder enfocar los resultados por el lado de la demanda, es necesario que se establezca una hipótesis de tecnología de industria con un resultado producto por producto. En el formato rectangular, la dimensión es de productos por industria y, por lo tanto, la demanda final (como variable exógena en el modelo) se presenta por productos.

La matriz de coeficientes de mercado se obtiene según el siguiente producto matricial:

$$\mathbf{D} = \hat{\mathbf{q}}^{-1}\mathbf{V}^T \quad (25)$$

Para más detalle, se tiene que

$$\mathbf{V}^T = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{m1} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}; \quad \hat{\mathbf{q}}^{-1} = \begin{bmatrix} 1/q_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1/q_m \end{bmatrix}$$

Entonces, la transpuesta de \mathbf{D} será

$$\mathbf{D}^T = (\hat{\mathbf{q}}^{-1}\mathbf{V}^T)^T = (\mathbf{V}^T)^T \hat{\mathbf{q}}^{-1} = \mathbf{V} \hat{\mathbf{q}}^{-1} \quad (26)$$

Por otro lado, la matriz de coeficientes interiores se obtiene de

$$\mathbf{B}^d = \mathbf{U}^d \hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (27)$$

La multiplicación matricial permite calcular la matriz de coeficientes

$$A_I^d = B^d D^T \quad (28)$$

Para el cálculo de la matriz A_I^d , llamada matriz de coeficientes domésticos se requiere de la multiplicación matricial entre la matriz de coeficientes interiores B^d que procede de la tabla de destino de la producción interior a precios básicos y la transpuesta de los coeficientes de mercado D^T que se deriva de la matriz de origen, igualmente a precios básicos. Además, se asegura que $(I - A_I^d)^{-1} \geq 0$, reflejando multiplicadores no negativos.

Hasta aquí, esta información responde a los multiplicadores que realizando la inversa de Leontief, facilitan el reconocimiento de los efectos directos e indirectos. Sin embargo, para calcular el total de los efectos, incluyendo los inducidos, es necesario que se elabore una extensión a la matriz inspirada el modelo de Miyazawa y expuesto por Miller & Blair (2009), en donde se añade al final de la matriz una columna y una fila.

La columna adicional se representa en la Figura 7, como $\gamma_i = \frac{c_i}{c}$, mostrando la participación del consumo de los hogares del producto i , en relación con el total del consumo de la economía. A diferencia del modelo de Miyazawa, que utiliza el ingreso total, este modelo emplea únicamente el consumo real que retorna a la economía por parte de los residentes.

La extensión por el lado de la fila es más laboriosa. En este sentido, si $q = Cx$ entonces $q^T = x^T C^T$.

De modo análogo, se tiene que $\tilde{w}^T = w^T C^T$. Dado que $C = V^T \hat{x}^{-1}$ se obtiene por transposición que

$$C^T = (V^T \hat{x}^{-1})^T = (V^T)^T \hat{x}^{-1} = \hat{x}^{-1} V \quad (29)$$

Por lo que, en términos de coeficientes

$$\omega = i^T \hat{w} \hat{q}^{-1} \quad (30)$$

$$i^T = [1 \quad \dots \quad 1] ; \hat{w} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \tilde{w}_m \end{bmatrix} ; \hat{q}^{-1} = \begin{bmatrix} 1/q_1 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 1/q_m \end{bmatrix}$$

w^T representa la traspuesta de la suma de cada componente de VAB de las matrices en el modelo de Miyazawa. Sin embargo, tener en consideración el VAB implica estar contando con valores como las cotizaciones sociales que no hacen parte del consumo real, llevando a una sobrevaloración del impacto inducido. En este caso, el VAB es sustituido por el vector de sueldos y salarios.

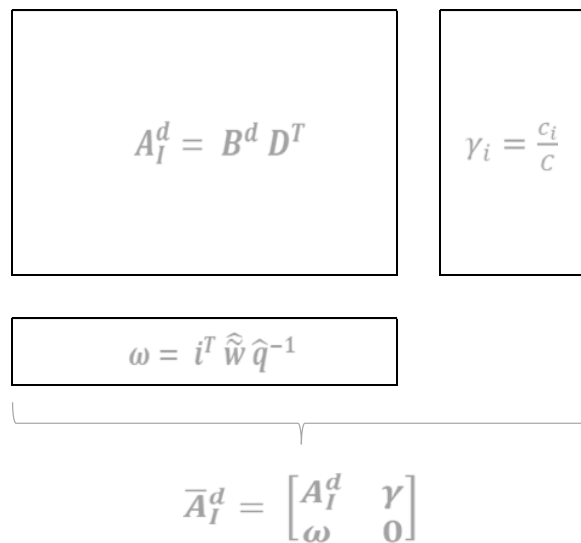
Por otro lado, C^T corresponde a la traspuesta de la matriz de coeficientes de especialización. Una vez obtenido el resultado, se diagonaliza el vector representado en \hat{w} . Adicionalmente, \hat{q}^{-1} , hace referencia a la inversa diagonalizada del total de la producción de la tabla de origen.

Entonces se extiende la matriz

$$\bar{A}_I^d = \begin{bmatrix} A_I^d & \gamma \\ \omega & 0 \end{bmatrix}$$

Así, se logra la correspondiente inversa $(I - \bar{A}_I^d)^{-1}$.

Figura 7. Estructura para la medición de los impactos indirectos e inducidos



Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, la Figura 7 muestra esquemáticamente el resultado de una matriz producto por producto, a partir de las SUT y la extensión de la matriz por filas y columnas para la cuantificación de los efectos inducidos.

2.4.1.4 Impactos económicos y ambientales -4-

Los impactos económicos corresponden entonces a los efectos directos e indirectos hallados con los multiplicadores, y los efectos inducidos con la extensión matricial. De requerirse el detalle según las características de consumo de ciertos individuos económicos, se necesita de los vectores que puedan multiplicarse con la inversa de Leontief inicial y la que resulta de la matriz extendida.

Para el cálculo de implicaciones ambientales, por ejemplo, una vez identificados los datos de la matriz, se realiza la inversa de Leontief con la extensión de la fila y la columna $(I - \bar{A}_I^d)^{-1}$. Posteriormente, se premultiplica la nueva matriz extendida por el vector de ratios de impacto ambiental (en la aplicación práctica se evidencia la construcción del vector de CO2 por miles de toneladas). Por último, se postmultiplica por la variable independiente del modelo que en este caso sería el vector por tipo de consumo.

Lo anterior, extrae del modelo de demanda una matriz que se deriva de la multiplicación de la inversa por matrices diagonales

$$K = \widehat{CO2} (I - \bar{A}_I^d)^{-1} \hat{y} \quad (31)$$

El elemento genérico es del siguiente modo:

$$k_{ij} = CO2_i \bar{\alpha}_{ij}^d y_j \quad (32)$$

De esta forma, se manifiestan correcciones de la inversa de Leontief por filas y columnas para lograr los correspondientes resultados. Por filas, actúan las ratios de emisiones de CO2 o el vector ambiental con el que se desee trabajar, y por columnas, las estructuras de las distintas tipologías de consumo. Este hecho, permite mapear los resultados a nivel desagregado por celdas.

2.4.2 ESCALA SUBTERRITORIAL

A modo de contexto, existen diferentes técnicas para la construcción de MRIO e IRIO, cuya aplicabilidad depende de la disponibilidad y calidad de la información. En escenarios donde se cuenta con datos robustos sobre el comercio interregional, es común emplear un procedimiento que distribuye los coeficientes técnicos de cada región en función de una ponderación entre el comercio doméstico y el importado (Miller & Blair, 2022).

Profundizando un poco más, la matriz desagregada de flujos transaccionales según las p regiones se puede expresar mediante

$${}^D\mathbf{Z} = \begin{pmatrix} \mathbf{Z}_{11} & \mathbf{Z}_{12} & \cdots & \mathbf{Z}_{1p} \\ \mathbf{Z}_{21} & \mathbf{Z}_{22} & \cdots & \mathbf{Z}_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{Z}_{p1} & \mathbf{Z}_{p2} & \cdots & \mathbf{Z}_{pp} \end{pmatrix}_{mp \times mp}$$

En donde el elemento genérico se simboliza por $z_{ij/hk}$, $\forall i, j = 1, 2, \dots, m$. $\forall h, k = 1, 2, \dots, p$. En este contexto las regiones se expresan a través de h (origen) y k (destino). De ahí que las matrices de flujos domésticos figuren en la diagonal principal ($h = k$) y las matrices restantes ($h \neq k$) representen los correspondientes flujos importados.

En términos de coeficientes, se tiene

$${}^D\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} & \cdots & \mathbf{A}_{1p} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} & \cdots & \mathbf{A}_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{p1} & \mathbf{A}_{p2} & \cdots & \mathbf{A}_{pp} \end{pmatrix}_{mp \times mp}$$

De forma análoga, el elemento genérico se simboliza por $a_{ij/hk}$.

Partiendo de un escenario en el que se conocen las matrices de coeficientes (totales) de las regiones y los vectores de comercio por sector ($i = 1, 2, \dots, m$) entre las regiones h y k , \mathbf{t}_{hk} , se obtiene

$$D_A = \begin{pmatrix} \hat{t}_{11} & \hat{t}_{12} & \cdots & \hat{t}_{1p} \\ \hat{t}_{21} & \hat{t}_{22} & \cdots & \hat{t}_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{t}_{p1} & \hat{t}_{p2} & \cdots & \hat{t}_{pp} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_1^{tot} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & A_2^{tot} & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & A_p^{tot} \end{pmatrix}$$

Los elementos del vector de comercio son de la forma $t_{i/hk}$.

A_k^{tot} representa la matriz de coeficientes técnicos de la región k . Se hace explícito el superíndice tot para evitar posibles confusiones.

Las matrices diagonales \hat{t}_{hk} posibilitan una desagregación de coeficientes para las regiones h y k que se relacionan comercialmente. De tal forma, que se formalizan rectificaciones (por filas) para cada región que afectan a los flujos domésticos e importados de las otras regiones. Este esquema de reparto es simple, pero en determinados casos no es aplicable.

Las matrices de carácter diagonal también aparecen en otro enfoque comúnmente utilizado, que trata de mostrar las proporciones de cada mercancía dentro de ese intercambio de flujos entre regiones. La notación es presentada como SHIN (Bonet-Morón et al., 2020; Haddad et al., 2002, 2013). Bajo el enfoque SHIN se construyen submatrices diagonales que, combinadas con la matriz de referencia, aportan el IRIO.

Así, para la construcción de la submatriz doméstica se tienen los elementos de la diagonal principal de la siguiente forma:

$$\forall i = 1, 2, \dots, m \quad SHIN_{i/hk} = \left[\min \left\{ \frac{supply_{i/h}}{demand_{i/h}}, 1 \right\} \right] \lambda_i, \text{ if } h = k. \quad (33)$$

$SHIN_{i/hk}$ es la proporción del producto i que va desde la región h a la región k .

$supply_{i/h}$ es la oferta del producto i en la región h .

$demand_{i/h}$ es la demanda del producto i en la región h .

λ_i es un escalar específico por filas.

En la práctica, muchas celdas $SHIN_{i/hk} = \lambda_i$. El escalar varía en función de la orientación a transaccionar el producto i . Las notaciones no corresponden con las utilizadas habitualmente (Bonet-Morón et al., 2020; Haddad, 2018; Haddad et al., 2013). Se opta por plasmarlo así, ya que facilita la conexión con las demás notaciones empleadas.

Para la construcción de las submatrices de importaciones, su elemento genérico es de la siguiente forma:

$$\forall i = 1, 2, \dots, m \quad SHIN_{i/hk} = \frac{wsupply_{i/h}}{d(h,k)} \left(\sum_h \frac{d(h,k)}{wsupply_{i/h}} \right) (1 - SHIN_{i/hk}), \text{ if } h \neq k \quad (34)$$

Donde $wsupply_{i/h}$ es el peso de la oferta del producto i de la región h dentro del conjunto de las regiones.

Sin embargo, las técnicas anteriormente mencionadas no pueden utilizarse en contextos con información limitada o con aparente incongruencia. Ante escenarios de escasez de datos, se desarrolla la metodología Path-Q-Plus en donde se relacionan variables usuales del sistema de cuentas con otras de índole socioeconómico, que facilitan el reconocimiento en la congruencia de los resultados.

La metodología Path-Q-Plus utiliza el método 2D-LQ para estimar flujos de comercio entre regiones y finalmente, recurre al enfoque Path-RAS, superando así las limitaciones descritas, dando como resultado un marco IO contable que respeta los datos disponibles y garantiza la significancia económica.

Los siguientes apartados hacen explícitas las fases llevadas a cabo para el desarrollo de la metodología Path-Q-Plus.

2.4.2.1 Identificación de las áreas funcionales -5-

Desde una perspectiva económica, una nación es una unidad territorial que ejerce soberanía sobre un espacio geográfico, administra sus recursos e implementa políticas para la atención económica tanto en el interior como por fuera del territorio (Samuelson et al.,

2019). Sin embargo, los datos nacionales se refieren a un todo heterogéneo y las desviaciones de la media, siendo relevantes, no son generalmente conocidas. Es importante tener presente que el crecimiento de una economía no se produce a un mismo ritmo en todo el ámbito nacional.

Aunque el concepto de nación tenga un claro elemento delimitador de su contorno, no es lo mismo en el concepto de región. A menudo, la región puede distinguirse solamente por su tamaño o delimitación. Para un geógrafo, la región se constituye, por lo general, en función de aspectos como la orografía, suelos, rasgos étnicos, distribución de la población, cultivos, industria y comercio (Buzai, 2016; Tamames Gómez, 1968). En otros campos, la región es una unidad superficial natural, surgida espontáneamente de la misma estructura de la sociedad, en contraste, con las unidades administrativas artificiales que han sido impuestas en el pasado, y que actualmente resultan poco adecuadas para las necesidades modernas (Boisier, 1999, 2000, 2005; Dickinson, 1976). A partir de estos enfoques, la región puede ser considerada como un área natural que se superpone a las divisiones administrativas, sin guardar relación con ellas. Esto evidencia la dificultad en la uniformidad de las estructuras territoriales y la poca congruencia de los segmentos espaciales para la concepción de políticas que promuevan, especialmente, el equilibrio económico.

El proceso de continuar en la búsqueda de un criterio uniforme para definir el concepto de región carece de sentido. Isard & Kavesch (1953) mencionan que el concepto de región es equívoco, sin que exista uno realmente significativo y válido para su empleo en el estudio de toda clase de problemas. En la generalidad del concepto, Losch (1938) señala que existen regiones económicas dentro de fronteras políticas y que hay regiones que se extienden por encima de ellas mismas.

Es por ello por lo que la división territorial parte de la necesidad o deseo de descentralizar el poder, facilitar la gobernanza y fomentar una planificación estatal orientada a una mejor articulación de las políticas, según las condiciones espaciales mencionadas anteriormente (Fabra & Tamames, 1970; Tamames Gómez, 1968; Wall, 1954).

El interés por la distribución espacial cobró importancia después de la segunda guerra mundial. Entre 1953 y 1954, se iniciaron los informes de la Comisión Económica para Europa, en donde se presenta un apartado que da cuenta de la necesidad de establecer divisiones territoriales por renta (Fabra & Tamames, 1970; Tamames Gómez, 1968; Wall, 1954).

Una región debe poseer cierta homogeneidad económica, bien sea por sus factores productivos, por las actividades económicas que realiza o en últimas, por su grado de desarrollo (Stimson et al., 2006; Vázquez Barquero, 1999). Según la concepción de la delimitación histórica, es probable que las áreas subterritoriales no concluyan de manera efectiva con una estructura económica análoga. Se hace necesario generar una nueva división que posea uno o varios criterios y que faciliten la creación de políticas y estrategias, enfocadas a una uniformidad, en vez de una disparidad regional y por supuesto económica.

El principal problema del concepto de región es la demarcación de sus límites. Algunas de las prácticas abordadas para ello, son el caso de Vidal de La Blache & Alegre Nadal (2013) donde seleccionan las capitales regionales para fijar sus áreas de influencia. Por otro lado, Pardo (1933) determinó la homogeneidad natural bajo la estructura de la cuenca hidrográfica en el caso de España. Con base en la ley de gravitación universal de Newton, William Reilly crea el método de zonas de atracción en donde se establece una jerarquía de los centros comerciales y la relación entre ellos, llevando a una conexión con el polo de atracción superior (Reilly, 1931). Otra demarcación combina el método de Reilly con áreas administrativas o incluso con aspectos como espacios históricos, buscando no afectar estas fronteras de cientos de años delimitadas. Sampedro (1959) elaboró un método para detectar, sobre un mapa y el espacio económico, las zonas de dispersión en vez de las de atracción. Es decir, identifica donde existe escasez en vías de comunicación, en densidad demográfica o debilitamiento de la actividad económica y esto lo acuña como una “frontera invisible” entre los centros de atracción reconocidos. El desierto inhóspito, por ejemplo, podría ser un caso límite de estas zonas, resaltando el importante papel que juega la naturaleza en los planteamientos regionales (Tamames Gómez, 1968). Dentro de las distribuciones espaciales más recientes, se encuentra la estructura regional basada en niveles de desarrollo económico, densidad poblacional y actividad productiva, definidas de

acuerdo con lo que se conoce como áreas funcionales, las cuales comparten características productivas, niveles de ingreso o dinámicas de mercado similares (Adusei et al., 2001).

A lo largo del tiempo se aprecian muchos desequilibrios regionales partiendo del Producto Nacional Bruto (PNB) de cualquier país, especialmente por los flujos migratorios a causa de la aceleración en el crecimiento económico (Tamames Gómez, 1968). Se evidencia, incluso, en países más avanzados, regiones con un alto nivel de crecimiento y regiones prácticamente estancadas.

Myrdal (1957) mencionaba que, si las cosas se dejan al libre juego de las fuerzas de mercado sin que se diesen políticas restrictivas, la producción industrial, el comercio, la banca, los seguros, el transporte y casi todas las actividades económicas e incluso sociales y culturales, se concentrarían en algunas localidades y regiones, dejando al resto del país, más o menos estancado. Cuando un polo de crecimiento (región avanzada) comienza a crecer de manera acelerada, puede presentar efectos positivos y/o negativos en las regiones circundantes. Los efectos favorables que una región rezagada recibe de una avanzada se llaman “spread effects” o efectos impulsores (Myrdal, 1957). Esto sucede no solo, a modo de ejemplo, por la demanda de productos agrícolas, sino también por la tecnología que incursiona en el núcleo de desarrollo. También existen efectos negativos, o “backwash”, que pueden ser ocasionados por la migración de personas de zonas atrasadas a zonas avanzadas (Myrdal, 1957). Por lo general, las migraciones responden a las personas con más capacidad y años para trabajar. Estos efectos pueden llevar a un estancamiento o declive de la región, en toda su esfera socioeconómica. Otro de los efectos backwash se debe a la competencia de regiones con un bajo nivel industrial respecto a unas con un alto grado de industrialización, además de la falta de estímulo de inversión en la zona atrasada. Normalmente, las regiones más alejadas provocan efectos backwash.

De acuerdo con lo anterior, el estudio de la distribución espacial facilita el análisis estructural para la descripción e interpretación de la realidad de cada región, provincia, localidad; forjando los cimientos de cualquier política económica. En las últimas décadas, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multivariado ha permitido realizar regionalizaciones más precisas, basadas en datos objetivos y cuantificables. Como bien lo menciona Buzai & Baxendale (2015), el análisis espacial multivariado y los SIG

han revolucionado la forma de delimitar regiones, facilitando la integración de múltiples variables en modelos territoriales más complejos.

Establecer las estructuras regionales sobre las cuales se pretende construir modelos IRIO es el primer paso en una relación consciente de la información disponible para el análisis posterior de los resultados, pudiendo indagar si tienen o no conclusiones efectivas.

Es así como surge el concepto de áreas funcionales. Estas son definidas como espacios territoriales con un nivel alto de interacción e interdependencia en aspectos como el mercado laboral, la salud, la educación, entre otros (European Union, 2021). Son relevantes porque dicha interdependencia puede llevar a la construcción de políticas o acciones de manera simultánea, con el fin de alcanzar resultados satisfactorios.

En este sentido, con el objetivo político “una Europa más cercana a sus ciudadanos” en el periodo de programación de la cooperación territorial 2021-2027, la Comisión Europea propone la identificación de áreas funcionales. Un ejemplo concreto de áreas funcionales, fueron las definidas por el programa POCTEFA para España, donde se determinaron cinco áreas de acuerdo con operaciones de importancia estratégica territorial (European Union, 2021). La idea central es la creación de una estructura de gestión por cada zona demarcada.

Una vez prefijadas o detectadas las áreas funcionales basadas en un criterio de fuerza interregional, se procede a reconocer la espacialidad de la información, bien sea por latitudes y longitudes, o por coordenadas. Finalmente, la relación de la información concebida en esta etapa llevará a la estructuración de los centros de gravedad de producción.

2.4.2.2 Centros de gravedad de producción -6-

El concepto de centro de gravedad viene de la física y se denota como el punto donde, aplicada solo una fuerza vertical, se podrían equilibrar todas las fuerzas de gravedad que actúan en un cuerpo (Ranzan, 2021). Por otro lado, Krugman introduce por primera vez esta terminología desde una localización económica espacial y la expuso como la ubicación geográfica óptima para la materialización de la inversión, los mercados

laborales, la minimización de los costos de transporte y la maximización de la accesibilidad (Krugman et al., 1991). Por analogía, se llama centro de gravedad al lugar de un espacio, bien sea nación, región, entre otros, donde se equilibran todas las fuerzas económicas del mismo.

Un centro de gravedad de producción representa un punto geográfico que fija la localización de la producción de un sector económico o de un bien o servicio en concreto, facilitando la asignación espacial de la producción nacional a localidades más pequeñas. El centro de gravedad permite, en la desagregación de las tablas IO a nivel regional, el reconocimiento de donde se efectúa cierta producción a partir de variables base, como el volumen de producción, el empleo por sector, el consumo, el PIB regional, entre otros (Flegg & Webber, 1997; Lahr, 1993; Miller & Blair, 2009).

Desde los datos de empleo por productos y micro áreas (ayuntamientos, comarcas) es factible lograr una aproximación –a modo de centros de gravedad– que es susceptible de uso para la construcción de una matriz de distancias. Se puede denotar por $I_{xy}^*(z_i/h)$ al centro de gravedad de producción del bien o servicio i del área h .

Dentro de la lógica IO es posible cuantificar la distancia entre dos centros de gravedad. En la siguiente notación matemática, donde se recurre a la distancia euclidiana, se consideran dos productos y dos áreas de forma respectiva.

$$d_2(I_{xy}^*(z_i/h), I_{xy}^*(z_j/k)) \quad (35)$$

En síntesis, resulta importante que se tomen las medidas necesarias para hacer coincidir el centro de gravedad económico con el geográfico, que es al propio tiempo el centro del sistema radial de transportes y comunicaciones, y del diseño de políticas que posiblemente no estén bien conectadas con los datos heterogéneos a los que se tiene acceso y sobre los que se toman decisiones.

2.4.2.3 Cocientes de localización -7-

Como se indicó anteriormente, los LQ se emplean para proyectar marcos IO contables de regiones en función de los coeficientes nacionales. La forma de obtener las proyecciones viene dada por

$$A_{hh} = A \otimes LQ_h \quad (36)$$

Donde el símbolo \otimes se refiere a la multiplicación de las matrices celda a celda. De este modo, se van rectificando los coeficientes de referencia con fórmulas que recogen los grados de especialización sectorial. Es preciso comentar que la matriz A en algunos casos es de coeficientes técnicos (totales) y en otros la de coeficientes domésticos. En concreto, la formulación 2D-LQ actúa sobre A^d . En lo sucesivo, las notaciones para referirse a los coeficientes dados por la interrelación regional vienen dadas por subíndices.

Una vez delimitadas las distintas áreas funcionales del territorio a desagregar, así como los centros de gravedad de producción por áreas funcionales, corresponde dar los pasos para diseñar un marco contable que evite, en la medida de lo posible, sobrestimaciones o subestimaciones de submatrices que condicionen los análisis posteriores. Se plantea un formato IO interregional desde el 2D-LQ. También se tienen presentes otras técnicas LQ, tal como el SLQ, el CILQ y el FLQ.

2.4.2.4 Matriz PRIOR -8-

A partir de la matriz de coeficientes A , se hace una desagregación para las p áreas funcionales, con el fin de elaborar una matriz de flujos interindustriales (en este caso producto por producto), en adelante llamada matriz PRIOR, sobre la que se aplica un proceso iterativo bajo el enfoque del Path-RAS para garantizar la significancia económica de la demanda final.

En relación con la idea de reparto de coeficientes (domésticos e importados), es necesario recurrir a una matriz de reparto, como la considerada en el enfoque SHIN. Aquí se expone inicialmente la matriz de reparto $\tilde{\Pi}$, que se corresponde con una matriz

normalizada que no altera los equilibrios contables. La matriz se construye bajo la siguiente aproximación:

$$\mathbf{\Pi} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{\Pi}_{12} & \cdots & \mathbf{\Pi}_{1p} \\ \mathbf{\Pi}_{21} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{\Pi}_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{\Pi}_{p1} & \mathbf{\Pi}_{p2} & \cdots & \mathbf{0} \end{pmatrix}$$

Por lo que la submatriz genérica $\mathbf{\Pi}_{hk}$, $h, k = 1, 2, \dots, p$. ($h \neq k$) tiene por elemento característico

$$\pi_{ij/hk} = f(SLQ_{i/h}, (d_2(I_{xy}^*(z_{i/h}), I_{xy}^*(z_{j/k})))) = \frac{SLQ_{i/h}}{d_2(I_{xy}^*(z_{i/h}), I_{xy}^*(z_{j/k}))}. \quad (37)$$

Los grados de especialización, en este caso solo de filas, son determinantes en el reparto de los flujos bien sean domésticos o importados. Aunque en el denominador se emplea la distancia euclidiana, este puede cuantificarse de diferentes maneras, como, por ejemplo, mediante la distancia por kilómetros, en tiempos, entre otras.

De este modo, se logra una aproximación –celda a celda– de partición que debe ser normalizada para asegurar el equilibrio columna a columna. Así, se calcula el sumatorio del peso de las distintas áreas para cada posición ij y por la correspondiente columna k ; es decir, $\sum_h \pi_{ij/hk}$ para efectuar los correspondientes ajustes:

$$\tilde{\pi}_{ij/hk} = \frac{\pi_{ij/hk}}{\sum_h \pi_{ij/hk}} \quad (38)$$

En consecuencia, se tiene que $\sum_h \tilde{\pi}_{ij/hk} = 1$.

Entonces, la matriz PRIOR en términos de coeficientes se obtiene de la siguiente forma:

$${}^D\mathbf{A} = \mathring{\mathbf{A}} \otimes {}^D\mathbf{LQ} \otimes \tilde{\mathbf{\Pi}}. \quad (39)$$

A efectos de simplificar las notaciones, en la matriz de coeficientes domésticos se prescindirá del superíndice d .



También se puede expresar de forma más compacta.

$${}^D A = \ddot{A} \otimes {}^D \widetilde{LQ}. \quad (40)$$

A través de ${}^D \widetilde{LQ}$ se garantizan las restricciones que marcan la matriz desagregada.

Para más detalle

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1p} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{p1} & A_{p2} & \cdots & A_{pp} \end{pmatrix} &= \\ &= \begin{pmatrix} A & A & \cdots & A \\ A & A & \cdots & A \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A & A & \cdots & A \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} LQ_1 & N - LQ_2 & \cdots & N - LQ_p \\ N - LQ_1 & LQ_2 & \cdots & N - LQ_p \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ N - LQ_1 & N - LQ_2 & \cdots & LQ_p \end{pmatrix} \otimes \\ &\otimes \begin{pmatrix} N & \tilde{\Pi}_{12} & \cdots & \tilde{\Pi}_{1p} \\ \tilde{\Pi}_{21} & N & \cdots & \tilde{\Pi}_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{\Pi}_{p1} & \tilde{\Pi}_{p2} & \cdots & N \end{pmatrix} = \\ &= \begin{pmatrix} A & A & \cdots & A \\ A & A & \cdots & A \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A & A & \cdots & A \end{pmatrix} \otimes \\ &\otimes \begin{pmatrix} LQ_1 & (N - LQ_2) \otimes \tilde{\Pi}_{12} & \cdots & (N - LQ_p) \otimes \tilde{\Pi}_{1p} \\ (N - LQ_1) \otimes \tilde{\Pi}_{21} & LQ_2 & \cdots & (N - LQ_p) \otimes \tilde{\Pi}_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (N - LQ_1) \otimes \tilde{\Pi}_{p1} & (N - LQ_2) \otimes \tilde{\Pi}_{p2} & \cdots & LQ_p \end{pmatrix} \end{aligned}$$

En donde N es una matriz de unos.

Aquí interfieren tres matrices. La primera es la matriz de coeficientes del territorio de referencia. La segunda plasma las distintas submatrices que, analizadas por bloques de columnas, se tiene en la diagonal principal la submatriz de los LQ para proyectar los coeficientes (domésticos) del área funcional y las restantes facilitan las estimaciones de las submatrices de importaciones de las otras áreas. Por último, se tiene una matriz de reparto para asegurar los equilibrios contables, en las que se integra información de las distancias

entre centros de gravedad de producción, y grados de especialización laboral por productos, para todas las áreas.

Puede observarse que hay una diferencia en las rectificaciones, bien sea en la diagonal principal o bien sea en las submatrices de importaciones. La razón principal de que así sea viene dada por la formulación de los LQ, que no contemplan la distancia en el momento de buscar los parámetros idóneos para realizar las proyecciones contables y sus posteriores extrapolaciones a otros contextos.

Las matrices ${}^D LQ$ y $\tilde{\Pi}$ no tienen una única expresión. Aunque se presentan en un formato base, ambas son susceptibles de incorporar otro tipo de información, o incluso se podría simplificar, por ejemplo, si las estructuras productivas del territorio de referencia son conocidas.

Por último, se resalta la necesidad de obtener por elevación la matriz PRIOR en términos de flujos ${}^D Z$ sobre la que se aplica el proceso iterativo.

2.4.2.5 Enfoque Path-RAS en el contexto Origen-Destino -9-

El algoritmo Path-RAS se desarrolló inicialmente para actualizar formatos IO simétricos en aquellos escenarios de mínima información, intentando dar respuesta a ciertas debilidades del método EURO (López et al., 2013). En concreto, la formulación del algoritmo elimina problemas de divergencia en el proceso de búsqueda de soluciones y no rompe los equilibrios contables en las distintas iteraciones. Después, se hizo una adaptación al formato rectangular, trabajando simultáneamente con las SUT (Pereira-López & Rueda-Cantuche, 2013).

La idea principal de este algoritmo, y de sus adaptaciones, radica en hacer repartos de las diferencias entre estimaciones a modo de efecto rebote –se aumenta o pierde valor cada celda– según las sendas de reparto marcados por los equilibrios contables. Se puede decir que es un procedimiento de ajuste que se ampara en las relaciones contables características del análisis IO y que, a su vez, se apoya en el RAS básico (Pereira-López & Rueda-Cantuche, 2013). Los ajustes se realizan sucesiva y simultáneamente en las matrices que componen el marco IO contable de acuerdo con la información disponible.

Antes de abordar la formulación del algoritmo, se recuerdan los vectores y matrices que constituyen las SUT. A efectos de simplificación, no se entra de una forma explícita en la desagregación de flujos, domésticos e importados, aunque es posible.

Para la aplicación del procedimiento es preciso conocer las SUT del año de estudio. Sus elementos se simbolizan como se indica a continuación:

$V(\mathbf{0})$ – matriz de producción ($n \times m$).

$U(\mathbf{0})$ – matriz de consumos intermedios ($m \times n$).

$Y(\mathbf{0})$ – matriz de demanda final ($m \times z$).

$\underline{u}(\mathbf{0})$ – vector de inputs intermedios ($n \times I$).

$\bar{u}(\mathbf{0})$ – vector de demanda intermedia ($m \times I$).

$w(\mathbf{0})$ – vector de valores añadidos por sectores ($n \times I$).

$m(\mathbf{0})$ – vector de importaciones ($m \times I$).

$x(\mathbf{0})$ – vector de producción por ramas de actividad ($n \times I$).

$q(\mathbf{0})$ – vector de producción por productos ($n \times I$).

Para el periodo en que se pretende realizar la actualización de las SUT, también se necesitan conocer algunas magnitudes. En concreto, se precisan al menos las siguientes:

$w(\mathbf{1})$ – vector de valor añadido ($n \times I$).

$\underline{y}(\mathbf{1}) = Y(\mathbf{1})^T \mathbf{i}$ – totales de las componentes de la demanda final ($z \times I$).

$\underline{m}(\mathbf{1})$ – total de importaciones ($I \times I$).

Por lo tanto, se tiene el vector de tasas de crecimiento de los totales de las componentes de la demanda final (en adelante, la notación \mathbf{g} simboliza las diferentes tasas brutas de variación y los superíndices asociados a \mathbf{g} hacen referencia a la correspondiente magnitud vectorial).

$$\mathbf{g}^y = ([\hat{\mathbf{y}}(\mathbf{0})]^{-1}\hat{\mathbf{y}}(\mathbf{1}))\mathbf{i} \quad (41)$$

y la tasa de crecimiento de las importaciones:

$$\mathbf{g}^m = \frac{\mathbf{m}(\mathbf{1})}{\mathbf{m}(\mathbf{0})} \quad (42)$$

Además, resulta imprescindible recordar que, para un determinado año, el total de producción –doméstica e importada– es igual a la suma de la demanda intermedia y final por productos:

$$\mathbf{q}(\mathbf{0}) + \mathbf{m}(\mathbf{0}) = \mathbf{U}(\mathbf{0})\mathbf{i} + \mathbf{Y}(\mathbf{0})\mathbf{i} = \bar{\mathbf{u}}(\mathbf{0}) + \mathbf{y}(\mathbf{0}) \quad (43)$$

Desde la otra óptica contable, se tiene que la producción por industrias corresponde con la suma de inputs intermedios y primarios:

$$\mathbf{x}(\mathbf{0}) = [\mathbf{U}(\mathbf{0})]^T\mathbf{i} + \mathbf{w}(\mathbf{0}) = \underline{\mathbf{u}}(\mathbf{0}) + \mathbf{w}(\mathbf{0}) \quad (44)$$

La formulación del algoritmo Path-RAS para actualizar SUT es la siguiente:

Primera iteración

Paso 1.1

Con base en la estabilidad de los coeficientes técnicos, se estima en primer lugar, una matriz de consumos intermedios. Es decir, la matriz inicial es corregida $\mathbf{U}(\mathbf{0})$ según la tasa de variación de los inputs intermedios \mathbf{g}^u .

$$\mathbf{U}^{(1)} = \mathbf{U}(\mathbf{0})\hat{\mathbf{g}}^u \quad (45)$$

Por lo tanto, es posible llegar a la primera aproximación del vector de demanda intermedia a través de la senda hacia la derecha

$$\bar{\mathbf{u}}^{right(1)} = \mathbf{U}^{(1)}\mathbf{i} \quad (46)$$

Es necesario obtener previamente la matriz de producción bajo la hipótesis de estabilidad de los coeficientes de especialización. Es decir, debe ser

$$\mathbf{V}^{T(1)} = \hat{\mathbf{x}}(1)(\hat{\mathbf{x}}(0))^{-1}\mathbf{V}^T(0) \quad (47)$$

Luego, sumando las filas de los elementos de la matriz transpuesta de producción, se estima el primer vector de producción por producto $\mathbf{q}^{(1)} = \mathbf{V}^{T(1)}\mathbf{i}$.

Paso 1.2

La matriz de demanda final $\mathbf{Y}^{(1)}$ es estimada mediante la doble corrección de filas y columnas. Se debe asegurar la suma de las columnas, indicada concretamente por la tasa de los componentes totales de la demanda final \mathbf{g}^y .

Lo anterior se expresa como:

$$\bar{\mathbf{y}}^{left(1)} = \mathbf{Y}^{(1)}\mathbf{i} = [(\hat{\mathbf{g}}^e\mathbf{Y}(0))\hat{\mathbf{g}}^y]\mathbf{i} \quad (48)$$

Una corrección proporcional inicial, parece estar de acuerdo con la variación de los empleos por producto \mathbf{g}^e .

Luego, se obtiene la demanda intermedia, en este caso, mediante la senda hacia la izquierda.

$$\bar{\mathbf{u}}^{left(1)} = \mathbf{e}^{(1)} - \bar{\mathbf{y}}^{left(1)} \quad (49)$$

Paso 1.3

Por lo general, $\bar{\mathbf{u}}^{right(1)}$ y $\bar{\mathbf{u}}^{left(1)}$ no son coincidentes. De ahí surge una diferencia proveniente de ambas trayectorias de estimación. En un efecto rebote, la matriz de consumos intermedios es modificada, estimándose en la última posición $\mathbf{U}^{(1)}$ de la siguiente manera:

$$\mathbf{U}^{(2)} = [(\mathbf{1} - \alpha)\hat{\mathbf{u}}^{right(1)} + \alpha\hat{\mathbf{u}}^{left(1)}](\hat{\mathbf{u}}^{right(1)})^{-1}\mathbf{U}^{(1)} \quad (50)$$

El parámetro α es una constante positiva (aunque no en todos los casos) que toma valores cercanos a cero.

Paso 1.4

Ahora la estimación de los inputs intermedios es $\underline{\mathbf{u}}^{left(1)} = [\mathbf{U}^{(2)}]^T \mathbf{i}$.

Por lo que la matriz de consumos intermedios debe ser rectificada a partir de correcciones en las columnas:

$$\mathbf{U}^{(2c)} = \mathbf{U}^{(2)} (\underline{\hat{\mathbf{u}}}^{left(1)})^{-1} [(1 - \beta) \underline{\hat{\mathbf{u}}}^{left(1)} + \beta \underline{\hat{\mathbf{u}}}(\mathbf{1})] \quad (51)$$

De forma similar, el parámetro β es una constante positiva (no necesariamente) que toma valores cercanos a cero.

Segunda iteración

Paso 2.1

La producción por productos, reflejada en la matriz de producción, es $\mathbf{q}^{(2)} = \mathbf{q}^{(1)}$, por lo tanto, se considera que $\mathbf{e}^{(2)} = \mathbf{e}^{(1)}$, también tiene $\bar{\mathbf{u}}^{right(2)} = \mathbf{U}^{(2c)} \mathbf{i}$.

Paso 2.2

Se obtiene el siguiente vector que estima la demanda final por productos:

$$\bar{\mathbf{y}}^{right(1)} = \mathbf{e}^{(1)} - \bar{\mathbf{u}}^{right(2)} \quad (52)$$

La matriz $\mathbf{Y}^{(2)}$ es estimada

$$\mathbf{Y}^{(2)} = [\hat{\mathbf{y}}^{right(1)} (\hat{\mathbf{y}}^{left(1)})^{-1} \mathbf{Y}^{(1)}] \underline{\hat{\mathbf{y}}}(\mathbf{1}) (\underline{\hat{\mathbf{y}}}(\mathbf{1}))^{-1} \quad (53)$$

Donde $\underline{\mathbf{y}}^{(1)} = [\hat{\mathbf{y}}^{right(1)} (\hat{\mathbf{y}}^{left(1)})^{-1} \mathbf{Y}^{(1)}]^T \mathbf{i}$.

Paso 2.3



$$\hat{\mathbf{u}}^{left(2)} = \mathbf{e}^{(2)} - \hat{\mathbf{y}}^{left(2)} \quad (54)$$

Donde $\hat{\mathbf{y}}^{left(2)} = \mathbf{Y}^{(2)}\mathbf{i}$.

La otra estimación de demanda intermedia es $\hat{\mathbf{u}}^{right(2)}$. Estos dos vectores continúan aproximándose entre sí. Sin embargo, en esta segunda fase de iteración es normal que se distancien. Por lo tanto, la corrección de las filas avanza como se indica a continuación:

$$\mathbf{U}^{(3)} = [(\mathbf{1} - \alpha)\hat{\mathbf{u}}^{right(2)} + \alpha\hat{\mathbf{u}}^{left(2)}](\hat{\mathbf{u}}^{right(2)})^{-1}\mathbf{U}^{(2c)} \quad (55)$$

Paso 2.4

La matriz de consumos intermedios previamente estimada se modifica de la siguiente manera:

$$\mathbf{U}^{(3c)} = \mathbf{U}^{(3)}(\hat{\mathbf{u}}^{left(2)})^{-1}[(\mathbf{1} - \beta)\hat{\mathbf{u}}^{left(2)} + \beta\hat{\mathbf{u}}^{(1)}], \quad (56)$$

Donde el vector $\hat{\mathbf{u}}^{left(2)} = [\mathbf{U}^{(3)}]^T\mathbf{i}$.

Las dinámicas de iteración continúan hasta que las estimaciones del vector de demanda intermedia y el vector de inputs intermedios sean prácticamente iguales.

A continuación, se realiza la correspondiente adaptación del Path-RAS para garantizar la significancia económica del marco IRIO.

El algoritmo debe garantizar que las sumas de las distintas submatrices respectan los elementos de la posición de referencia

$$z_{ij} = \sum_{h,k} z_{ij/hk} \quad (57)$$

De esa forma también se cumple con las restricciones de las márgenes de la matriz desagregada, que precisamente son fundamentales para aplicar el RAS básico. En concreto,

son las siguientes:

$$z_{i\blacksquare} = \sum_j z_{ij} = \sum_{j,h,k} z_{ij/hk} \quad (58)$$

$$z_{\blacksquare j} = \sum_i z_{ij} = \sum_{i,h,k} z_{ij/hk} \quad (59)$$

Aunque se focaliza la atención en la matriz de consumos intermedios, es importante igualmente, respetar las sumas de las restantes matrices y vectores que componen la matriz a desagregar.

De acuerdo con lo anterior, puede plantearse un proceso de reparto triproporcional en el que interfieren las filas, las columnas y los elementos. Sin embargo, este procedimiento conlleva a entrar fácilmente en bucles. Por lo que se articula un proceso que engloba el RAS básico por rondas, acompañado de la búsqueda de la coherencia económica, donde interfiere el Path-RAS, y los debidos ajustes por elementos.

Dado que en las distintas rondas de RAS ($t = 1, 2, \dots$) surgen distintas matrices, estas se simbolizan mediante $D\mathbf{Z}^{(t)}$, las cuales son objeto de rectificaciones en determinados casos para asegurar el sentido económico y las restricciones dadas por la matriz base. Las matrices rectificadas se denotan por $D\mathbf{Z}^{(tc)}$ y $D\mathbf{Z}^{(tcc)}$. Sus respectivos elementos genéricos son $z_{ij/hk}^{(t)}$, $z_{ij/hk}^{(tc)}$ y $z_{ij/hk}^{(tcc)}$.

Los vectores de demanda intermedia, consumos intermedios, demanda final y producción desagregados por áreas se simbolizan del siguiente modo:

$$D\bar{\mathbf{z}} = \begin{pmatrix} \bar{z}_1 \\ \vdots \\ \bar{z}_p \end{pmatrix}_{1 \times mp}$$

$$D\underline{\mathbf{z}} = \begin{pmatrix} \underline{z}_1 \\ \vdots \\ \underline{z}_p \end{pmatrix}_{1 \times mp}$$

$$D\mathbf{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_p \end{pmatrix}_{1 \times mp}$$

$$D\mathbf{x} = \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_p \end{pmatrix}_{1 \times mp}$$

De forma análoga, se indican las distintas rondas iterativas y sus correspondientes rectificaciones (en algunos casos, dos o más rectificaciones).

Inicialmente, es necesario comprobar si la matriz PRIOR en términos de flujos $D\mathbf{Z}^{(0)}$ tiene asociado un vector de demanda final con significancia económica. Esta primera matriz cumple las restricciones anteriormente especificadas. Sin pérdida de la generalidad, se trabaja con el vector de demanda, aunque se puede recurrir a la desagregación por componentes.

La aproximación inicial de $D\mathbf{x}^{(0)}$ se obtiene de los datos de empleo por sectores. Estos últimos deben ser transformados a productos para aplicar dicha aproximación.

Dado que la primera estimación del vector de demanda intermedia $D\mathbf{Z}^{(0)}\mathbf{i} = D\bar{\mathbf{z}}^{(0)}$ fácilmente se puede llevar a incongruencias, se recurre a la relación contable básica

$$D\mathbf{y}^{(0)} = D\mathbf{x}^{(0)} - D\bar{\mathbf{z}}^{(0)} \quad (60)$$

Se debe comprobar si $D\mathbf{y}^{(0)} \geq 0$, en caso contrario, se introduce un mecanismo corrector para ejecutar la rectificación de los tres vectores implicados.

$$\text{Si, } y_{i/h}^{(0)} < 0 \Rightarrow \begin{cases} x_{i/h}^{(0c)} = x_{i/h}^{(0)} - y_{i/h}^{(0)}, & \text{si } x_i > 0 \\ x_{i/h}^{(0c)} = 0, & \text{si } x_i = 0 \\ \bar{z}_{i/h}^{(0c)} = \bar{z}_{i/h}^{(0)} + y_{i/h}^{(0)} \end{cases} \quad (61)$$

Según lo anterior, se obtienen los vectores $D\mathbf{x}^{(0c)}$ y $D\bar{\mathbf{z}}^{(0c)}$. Ahora es necesario reescalar estos vectores adecuadamente para que se cumplan las restricciones $\sum_h x_{i/h} = x_i$ y $\sum_h \bar{z}_{i/h} = \bar{z}_i$. Por lo que se tienen los vectores $D\mathbf{x}^{(0cc)}$ y $D\bar{\mathbf{z}}^{(0cc)}$.

De forma simultánea, corresponde rectificar la matriz $D\mathbf{Z}^{(0)}$ por columnas

$$D\mathbf{Z}^{(0c)} = D\mathbf{Z}^{(0)} D\hat{\mathbf{x}}^{(0cc)} [D\hat{\mathbf{x}}^{(0)}]^{-1} \quad (62)$$

La corrección por columnas viene dada por $[D\mathbf{Z}^{(0c)}]^T \mathbf{i} = D\mathbf{z}^{(0c)}$

Se hace necesario implementar un mecanismo de reparto proporcional que asegure la restricción marcada por las celdas a desagregar. Estos ajustes previos se completan con otro paso que consiste en buscar una nueva aproximación de los consumos intermedios, que posteriormente actúan como margen. Es aquí en donde hay que asegurarse de que se cumpla la restricción $\sum_k z_{j/k} = z_j$. Así se hace el correspondiente reescalado del vector $D\mathbf{z}^{(0c)}$ para lograr $D\mathbf{z}^{(0cc)}$.

A partir de aquí se aplica el RAS básico. En lo que se refiere a los ajustes de la demanda final, si esta fuese considerada de forma desagregada por componente se aplicaría el GRAS para dar un trato adecuado a las celdas negativas.

Las distintas rondas de ajuste biproporcional dadas por filas y columnas se ejecutan mediante la formulación

$$D\mathbf{Z}^{(t+1)} = \mathbf{R}(D\mathbf{Z}^{(tcc)})\mathbf{S}, t = 1, 2, \dots \quad (63)$$

La única excepción es la primera ronda estimativa dado que la matriz $D\mathbf{Z}^{(0)}$ cumple las restricciones del modelo, por lo que solamente se da una corrección.

La solución contable de la metodología Path-Q-Plus es reflejada por el proceso de convergencia de esta fase.

En la proyección de marcos IO contables a escala subterritorial, a menudo se requiere contrastar las matrices estimadas respecto a las reales y así observar la precisión o el error de la proyección regional. Para la cuantificación de discrepancias entre matrices, se hace uso de estadísticos que miden las diferencias porcentuales absolutas entre las celdas correspondientes a ambas matrices (Miller & Blair, 2009). Cuando se desconoce la matriz observada, como es el caso, se estructura el Standardized Total Percentage Distance (STPD) que tiene como objetivo el cálculo de la distancia relativa entre las matrices (Aroche-Reyes et al., 2001). Aquí se busca entonces, la similitud entre la matriz PRIOR

$DZ^{(0)}$ y la solución dada por convergencia $DZ^{(t+1)}$. A continuación, se expone la armonía de la fórmula con las notaciones empleadas anteriormente

$$STPD = 100 \sum_k \sum_h \sum_j \sum_i |z_{ij/hk}^{(t+1)} - z_{ij/hk}^{(0)}| / \sum_k \sum_h \sum_j \sum_i z_{ij/hk}^{(0)} \quad (64)$$

Cuanto menor sea el resultado del valor del STPD, mayor es la relación en la estructura de ambas matrices. Actualmente no existe un umbral específico para la aceptación o el rechazo según el nivel de distancia matricial. Sin embargo, valores por debajo del 10%, reflejan que la matriz final (la escala subterritorial más baja), se asemeja considerablemente a la matriz de referencia, en este caso, la PRIOR de flujos.

Es importante resaltar que el STPD posee una interpretación relativa en ocasión al contexto de estudio, el método de regionalización e incluso, de la estructura económica del territorio sobre el cual se investiga. Aunque, en algunos estudios, se utiliza el STPD como una métrica comparativa entre métodos de regionalización (Aroche-Reyes et al., 2001; Bonfiglio & Chelli, 2008; Lahr & de Mesnard, 2004).

Una vez reconocida la similitud entre las estructuras matriciales analizadas, se procede a cuantificar el cross-hauling, con el fin de identificar la interrelación de productos heterogéneos entre las áreas funcionales estimadas.

2.4.2.6 Adaptación del método CHARM para la estimación del cross-hauling -10-

De acuerdo con la mención realizada en el primer apartado respecto al método CHARM, resulta fundamental la estimación del cross-hauling para matrices interregionales a proyectar. Enlazando con las notaciones de la metodología Path-Q-Plus, se formula el cross-hauling del producto i que tiene lugar entre el área h y k , que se puede expresar abreviadamente como $ch_{i/hk}$. Cabe aclarar que $ch_{i/hk} = ch_{i/kh}$.

La formulación reescrita –bajo la compatibilidad de las notaciones expuestas hasta ahora– es la siguiente:

$$ch_{i/hk} = ch_{i/kh} = \sum_j z_{ij/hk} + \sum_j z_{ij/kh} - \left| \left(\sum_j z_{ij/hk} - \sum_j z_{ij/kh} \right) \right| \quad (65)$$

O de forma más compacta

$$ch_{i/hk} = ch_{i/kh} = 2\min \left(\sum_j z_{ij/hk}, \sum_j z_{ij/kh} \right) \quad (66)$$

A efectos de simplificación, se evita el superíndice $(t + 1)$, que hace referencia a la ronda de iteraciones para la que se alcanza la convergencia.

Se entiende que este procedimiento favorece el análisis de una región objeto de estudio. De forma más concreta, es una herramienta interesante que comprueba si las distintas partes –áreas funcionales– que la componen, están debidamente integradas. Al mismo tiempo, facilita la comparación entre la metodología Path-Q-Plus y las demás técnicas utilizadas, logrando visualizar donde se presenta un mayor o menor intercambio de los bienes o servicios equivalentes entre las áreas descritas.

2.5 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

En los últimos años se ha venido trabajando en la construcción de diferentes técnicas de regionalización de marcos IO contables. En contextos estándar, las técnicas LQ y los métodos de balanceo de matrices con restricciones han sido los pilares fundamentales, junto con el desarrollo de variantes e híbridos. La sistematización bibliográfica elaborada evidenció que cada método expuesto posee sus ventajas, pero quedan por solucionarse ciertos problemas, tales como la sobreestimación o subestimación de matrices de flujos interindustriales a escala subterritorial. Adicionalmente, existe una dificultad para la aplicación de estas técnicas en territorios más pequeños. Por lo que se consideró oportuno establecer una metodología innovadora que facilite la medición de la interacción interregional y su coherencia económica, satisfaciendo las limitaciones de los métodos previos.

En cuanto a la estructura metodológica para la explicación conceptual del Path-Q-Plus, se concluye lo siguiente:

- Resulta apropiado mantener el mayor grado de desagregación por bienes y servicios publicados por los institutos estadísticos en las tablas IO rectangulares, con el fin de realizar análisis más detallados, especialmente, en trabajos de carácter sectorial. De forma explícita, se trata de evitar las agregaciones que se dan en las tablas IO simétricas.
- Partiendo de que las delimitaciones territoriales fueron establecidas por diversos determinantes, como la historia, conflictos bélicos, aspectos geográficos, entre otros, se hace fundamental considerar la uniformidad territorial a partir de las bien llamadas áreas funcionales, ajustadas a una o varias variables que facilitan la introducción de políticas espaciales congruentes y efectivas.
- Georreferenciar los centros de producción de las diferentes áreas funcionales permite identificar los spred-effects y los efectos backwash, que pueden presentarse en el territorio foco de estudio. Esto facilita la implementación de acciones que favorezcan la inclusión de lugares fuera de acción y/o con potencial de producción e impulso de nuevas actividades económicas. Adicionalmente, los centros de gravedad evitan problemas en la medición de las distancias entre áreas por productos al momento de crear la matriz PRIOR.
- En la comparación de las técnicas LQ mencionadas, se evidencia que tanto el FLQ como el 2D-LQ poseen mejores resultados. Ambos métodos están condicionados por parámetros que inciden en las rectificaciones de los coeficientes del territorio a desagregar. En el caso del FLQ se utiliza solo un parámetro (δ) que afecta al tamaño regional, mientras que el 2D-LQ (técnica utilizada en la metodología propuesta), aplica dos parámetros (α y β) que suavizan los grados de especialización sectorial (filas) y el tamaño regional de la rama productiva (columnas), respectivamente.

- El enfoque Path-RAS es crucial para la construcción metodológica del Path-Q-Plus, debido su capacidad para rectificar tanto filas como columnas desde las SUT y con los condicionantes de la matriz de referencia.
- Dentro de los aspectos más relevantes del capítulo, se encuentra el reconocimiento de las relaciones comerciales interregionales con base en el cross-hauling, que mide igualmente la heterogeneidad de los productos.

La armonía de la estructura metodológica ayudó a comprender que la regionalización no solo parte de un buen fundamento técnico, sino también teórico/conceptual. Entender la estructura regional y la georreferencia de las actividades económicas, adicional a los métodos a materializar, es la base para finalizar con un análisis de fundamento económico que aporte conclusiones sólidas a las que solo, desde el ejercicio cuantitativo, no se llegaría.

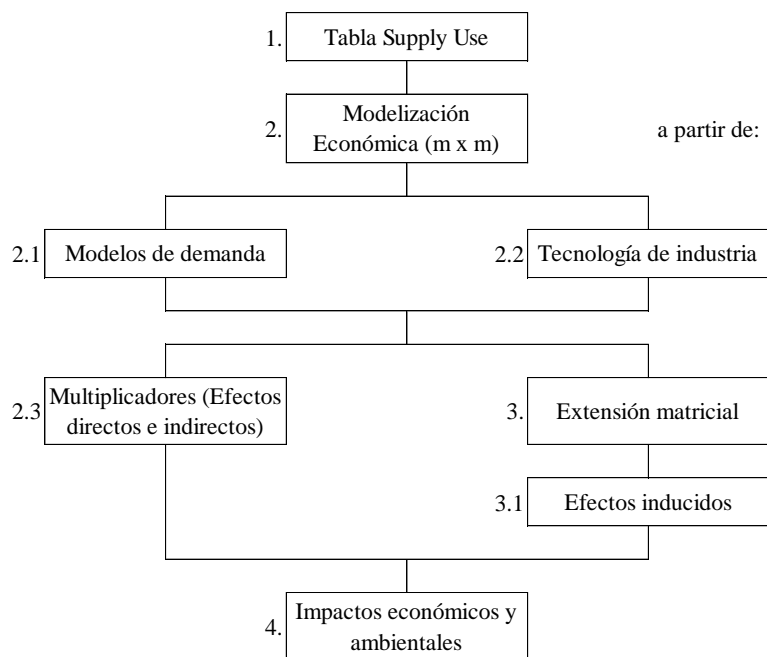
CAPÍTULO 3: Escala Estándar (Regional)

CAPÍTULO 3: ESCALA ESTÁNDAR (REGIONAL)

3.1 INTRODUCCIÓN: CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES. CASO DE ESTUDIO: EL TURISMO EN GALICIA.

Con base en la Figura 4 de la estructura metodológica IO regional e interregional, se expone el apartado de “Escala estándar (Regional)”, en donde se relacionan los impactos económicos y ambientales, tomando como caso de estudio el turismo en Galicia (España).

Escala Estándar (Regional)



Tomado de la figura 4.

Inicialmente, se trabajan las SUT de Galicia para el año 2021 (último periodo de publicación a la concepción de la presente tesis) obtenidas del Instituto Galego de Estadística (IGE). Posteriormente, se ejecuta la transformación a una matriz producto por producto (108×108) bajo un modelo de demanda de flujos domésticos, ya que los

resultados solo pueden ser concebidos por el turismo, desde el consumidor. Es importante resaltar igualmente que la medición de los impactos se realizó desde la tecnología de industria, evitando la presencia de cifras negativas en los multiplicadores.

Una vez estructurada la base metodológica, se calcularon los impactos económicos y, por último, los efectos ambientales. Adicionalmente, la investigación empleó la clasificación por tipo de visitante, generando distinciones en materia económica y ambiental, y posterior, contribuyendo a la toma de decisiones de políticas encaminadas a la búsqueda de un mayor bienestar regional.

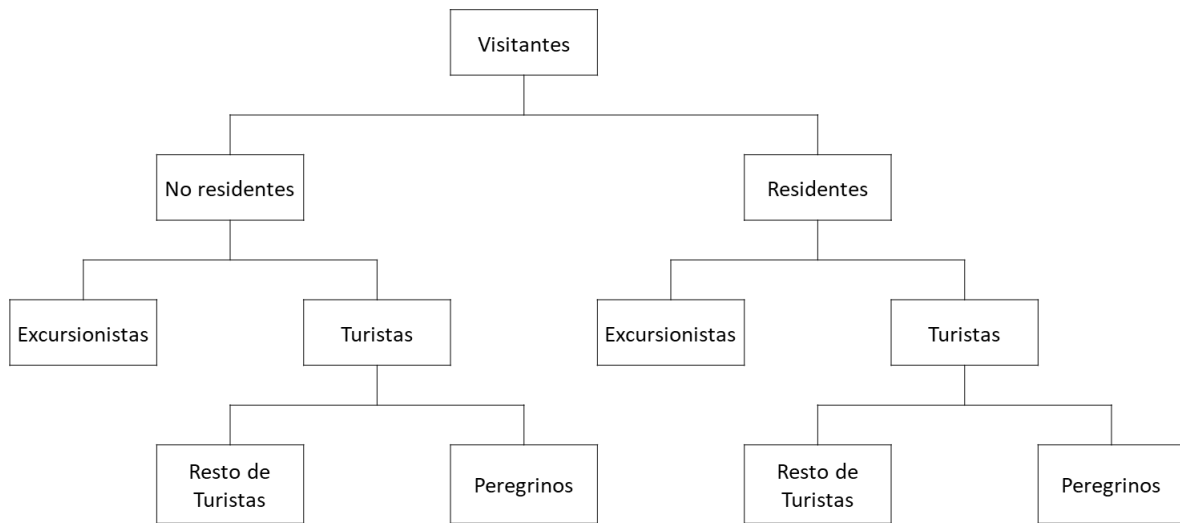
De manera más concreta, el presente capítulo cuantifica los efectos directos, indirectos e inducidos en materia económica y ambiental. Esta última parte de las emisiones de gases ocasionadas por la demanda turística. Según el modelo de Leontief, se cuantificó el impacto directo e indirecto y con la extensión de su inversa –con base al modelo de Miyazawa– se identificaron los efectos inducidos de acuerdo con las tipologías de turismo y sus consecuencias en términos de emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

3.2 EL TURISMO Y LA MEDICIÓN DE IMPACTOS

El turismo se define desde la óptica de la demanda como “lo que consumen los turistas y visitantes” (Brida et al., 2008; do Val Simardi Beraldo Souza et al., 2021; Ghali, 1976; Paci & Marrocu, 2014; Tourism Organization, 2024). Por lo que existe cierta complejidad en su medición, ya que se presentan múltiples actividades productivas relacionadas entre sí de manera directa e indirecta. A nivel mundial, el turismo no aparece como un sector de clasificación de actividades en las estadísticas económicas. Es el visitante quien transforma las actividades en turísticas o no, por lo que para calcular los efectos del turismo se debe tener en cuenta el comportamiento de consumo de los visitantes y no la naturaleza del producto que se consume.

De acuerdo con lo anterior, no todos los visitantes de Galicia presentan el mismo impacto. Exponer el turismo en esta región como peregrino, decretaría una condición exclusiva en el tipo de consumo sobre los diferentes bienes y servicios de la economía, resultando poco congruente con la dinámica turística actual. Aquí se hace entonces determinante la clasificación y medición de los impactos por tipo de visitante.

Figura 8. Clasificación de visitantes en Galicia



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los visitantes de Galicia con algún tipo de actividad turística se encuentran los denominados residentes, personas que habitan por más de un año en el territorio y practican turismo igualmente. Los visitantes no residentes son extranjeros con deseos de conocer nuevas culturas y territorios. Ambas clasificaciones poseen turismo peregrino, dado por la diferencia tanto en la cantidad como en el tipo de bienes y servicios demandados.

En el Camino de Santiago, el consumo de bienes y servicios ostenta un contraste en relación con el tipo de visitante; por ejemplo, debido a que el peregrinaje se efectúa a pie o en bicicleta, este tipo de turismo no demanda servicios como el alquiler de coches y enfoca básicamente sus ingresos al consumo de alimentos y hospedaje. De acuerdo con el tipo de turismo, se consume más o menos de un producto, lo que implica una diferencia sustancial en el impacto económico.

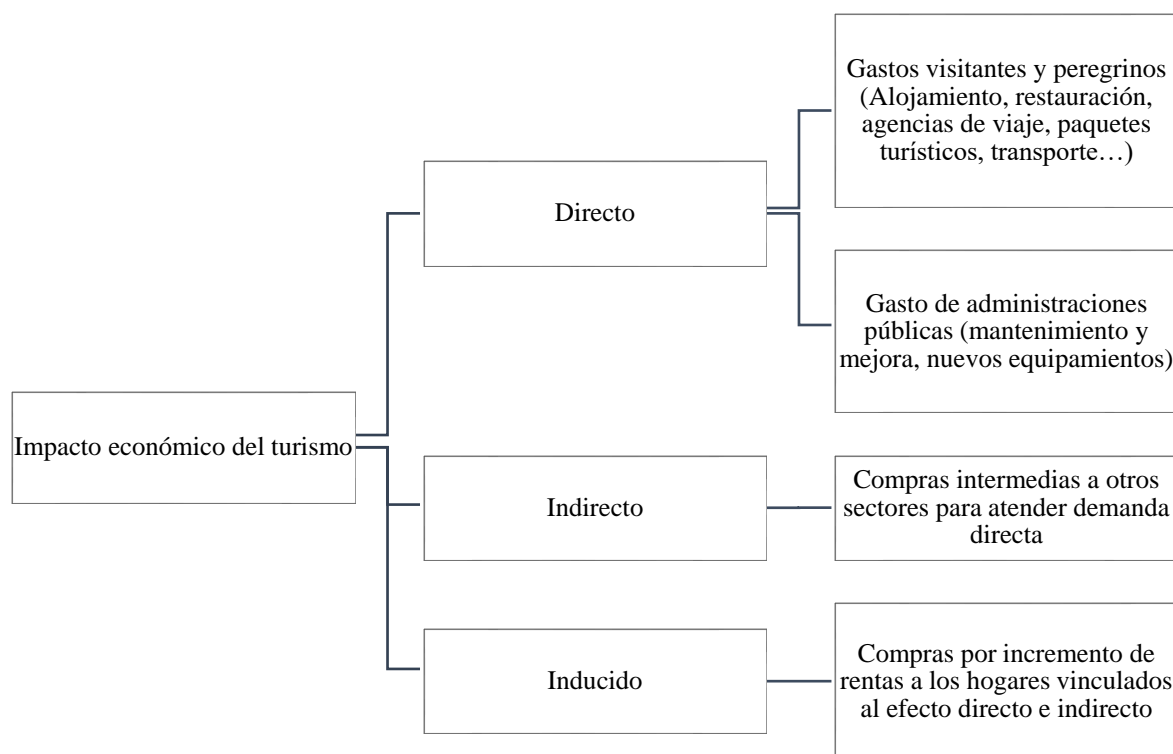
Una vez clarificado el tipo de visitante en Galicia y su distinción a causa del objetivo turístico, se procede a reconocer los tipos de impactos, ya sean económicos o ambientes, que pueden ser generados por cada tipología turística.

La metodología usual en los estudios suele distinguir tres tipos de impactos: directos, indirectos e inducidos (Faturay et al., 2020; Kang et al., 2021; Nunes, 2022; Teng, 2021; Teng & Chen, 2020):

- Los efectos directos son los generados, como su nombre lo indica, directamente por las actividades turísticas (por la demanda de los turistas visitantes o por las inversiones realizadas en el destino para ofrecer bienes y servicios a esos visitantes).
- Los efectos indirectos son los materializados en otros sectores por la demanda de los sectores que satisfacen la demanda directa; es decir, las compras realizadas por los sectores directos a los sectores que producen los bienes y servicios demandados por los turistas, en el porcentaje que se utiliza para el consumo de esos turistas.
- Los efectos inducidos son los dados por el consumo de la población residente, gracias a los ingresos transmitidos a la economía local por la producción de bienes y servicios relacionados directa, e indirectamente, con la satisfacción de la demanda de los turistas.

Un esquema básico se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Esquema básico del cálculo del impacto económico



Fuente: Elaboración propia adaptado de (Carrascal Incera & Fernández, 2015)

La relevancia del turismo dentro de una economía se explica mediante el multiplicador de ingresos. En este sentido, el gasto realizado por los turistas es un ingreso que se presenta fuera del destino de compra usual de bienes y servicios locales. A partir de aquí, se crea un segundo impulso, aumentando la demanda de bienes intermedios necesarios para satisfacer el consumo de visitantes y de quienes reciben ingresos directos de la actividad turística inicial. El proceso continúa con las compras indirectas entre sectores y las correspondientes rentas que se transforman en nuevos consumos, agotándose paulatinamente y evidenciándose como los efectos inducidos. Lo descrito es el esquema de funcionamiento del multiplicador de ingresos turísticos, que es utilizado para calcular los posibles efectos sobre la actividad económica y ambiental del consumo local de los turistas. Miller and Blair (2009) mencionan el modelo de Miyazawa como la opción para la identificación de los efectos inducidos. Estos efectos se ocasionan por la relación entre el ingreso y el consumo nuevamente de bienes y servicios, creando una interdependencia entre los diferentes sectores de la economía (Cavalcanti, 2001; Kagawa, 2005; Miyazawa & Masegi, 1963).

Los efectos inducidos de una economía se obtienen normalmente de las tablas IO simétricas. En este contexto contable, la pérdida de información se convierte en un obstáculo. Al agregar productos (o industrias) con el objetivo de lograr la simetría contable, se prescinde de la posibilidad de visualizar aspectos primordiales, que en este caso atañe a las actividades turísticas. Ahora bien, comenzar con las tablas IO rectangulares, permite manifestar la totalidad de bienes y servicios ofrecidos, y demandados.

Aunque el turismo relaciona múltiples actividades, resultando beneficioso desde el punto de vista económico, ocasiona igualmente un elevado consumo de energía y emisión de CO₂. Según la OMT, el turismo tiene uno de los mayores efectos sobre el cambio climático (Cadarso et al., 2016; “UNWTO Tourism Highlights, 2008 Edition,” 2008). El nivel de crecimiento de la demanda turística altera el medio ambiente a causa de la emisión de gases efecto invernadero, generación de residuos, entre otros. A partir del siglo XX, los problemas energéticos y ambientales provocados por el turismo han atraído la atención de la comunidad científica. En 1995, la XXI Convención de la Industria del Turismo y los Viajes propuso la gestión de recursos y el consumo de energía como los campos clave en el

desarrollo de la industria del turismo (Meng et al., 2017; World Travel & Tourism Council, 1995). Ahora bien, solo ha sido hasta las últimas décadas que ha cobrado mayor fuerza esta relación. Gössling y Petters fueron pioneros en la evaluación del uso total de recursos globales del turismo, proponiendo un método para medir sistemáticamente las emisiones de carbono de la industria turística (Gössling, 2000; Meng et al., 2017; Shi & Yu, 2021). Allí se identificó el consumo de combustibles fósiles, emisiones de CO₂ asociadas, agua dulce, tierra y uso de alimentos (Gössling & Peeters, 2015). Las investigaciones concluyeron que, a pesar de los esfuerzos por controlar el incremento acelerado en el consumo de recursos naturales, el impacto ambiental continuará su afectación de manera progresiva bajo la dinámica del turismo actual.

3.3 DATOS

Para la presente aplicación práctica se hicieron necesarios tres elementos. En primer lugar, se encuentra la base contable concebida desde las SUT 2021 de Galicia, obtenidas a través del IGE. Como bien se mencionó anteriormente, se busca emplear la mayor cantidad de información, en comparación con la que se posee en las tablas IO simétricas. De hecho, para el caso considerado, el formato simétrico “Alojamiento y restauración” figura como una sola rama de actividad, cuando en el formato rectangular aparece desagregada en dos.

Luego están los tres vectores por tipo de visitante. Un vector de consumo turístico no residente que actúa como variable independiente en el modelo. Este vector ha sido facilitado por el IGE, transformado a precios básicos de flujos interiores y llevado a productos. El vector de consumo turístico de residentes comprende una adaptación conforme al gasto turístico interno de las Cuentas Satélite de Turismo de España - CST 2021, dando la misma ponderación a bienes característicos y no característicos del turismo, para luego realizar un proceso de calibración desde las estructuras vectoriales de los residentes y de los visitantes no residentes, fijando un menor peso al vector de residentes. Por último, el vector de peregrinos, que comprende tanto residentes como no residentes, se delimita por la estructura del gasto con especial relevancia en Alojamiento y Restauración. Este último vector se obtiene de información primaria con base en investigaciones realizadas por el grupo Grupo de Análisis de Modelización Económica (GAME) de la

Universidade de Santiago de Compostela y comparadas con la Encuesta de Turismo de Residentes (ETR), realizada por el INE.

Finalmente, la tercera pieza corresponde al vector de emisiones CO₂, el cual fue adaptado a Galicia con datos recopilados del INE. Con esta información, se estimaron los impactos indirectos e inducidos del CO₂, ocasionados según la clasificación turística.

3.4 RESULTADOS

Los resultados corresponden a productos característicos y no característicos del turismo, atendiendo a las estructuras de vectores de consumo de residentes, no residentes y peregrinos.

1) Productos característicos del turismo

El turismo involucra muchas actividades económicas que a su vez sirven a usuarios que no practican actividades de ocio. Sin embargo, algunas de estas actividades dependen en gran medida del consumo turístico, por lo que se puede hablar de bienes y servicios característicos y no característicos. Inicialmente se presentan tres productos: Servicios de alojamiento, Alimentos y bebidas y Actividades de agencias de viajes, tour operadores, servicios de reservas y actividades relacionadas.

En la cuantificación de impactos cobran relevancia las “fugas” a causa las importaciones. En el caso de las economías locales son todos aquellos bienes que son consumidos por los visitantes, pero que no se producen en la economía local (por ejemplo, un refresco o bebida de cualquier marca no producida en la zona foco de estudio). Si son más los productos que se importan para satisfacer las necesidades de los visitantes, mayor es la parte del gasto turístico que se destinará a otros territorios. Para el caso de Galicia, los consumos intermedios importados tienen bastante presencia en los tres sectores analizados, especialmente para las Agencias de viajes y similares.

2) La composición del consumo turístico

Es necesario desarrollar una adecuada distribución –por productos– de los gastos de los visitantes. Para ello, se debe realizar una clasificación oportuna de los gastos (desde el punto de vista del consumidor) de acuerdo con la desagregación que se utiliza en el marco IO contable. Reconociendo que el impacto del turismo se determina desde la demanda, la presentación de los datos se efectuó igualmente por producto.

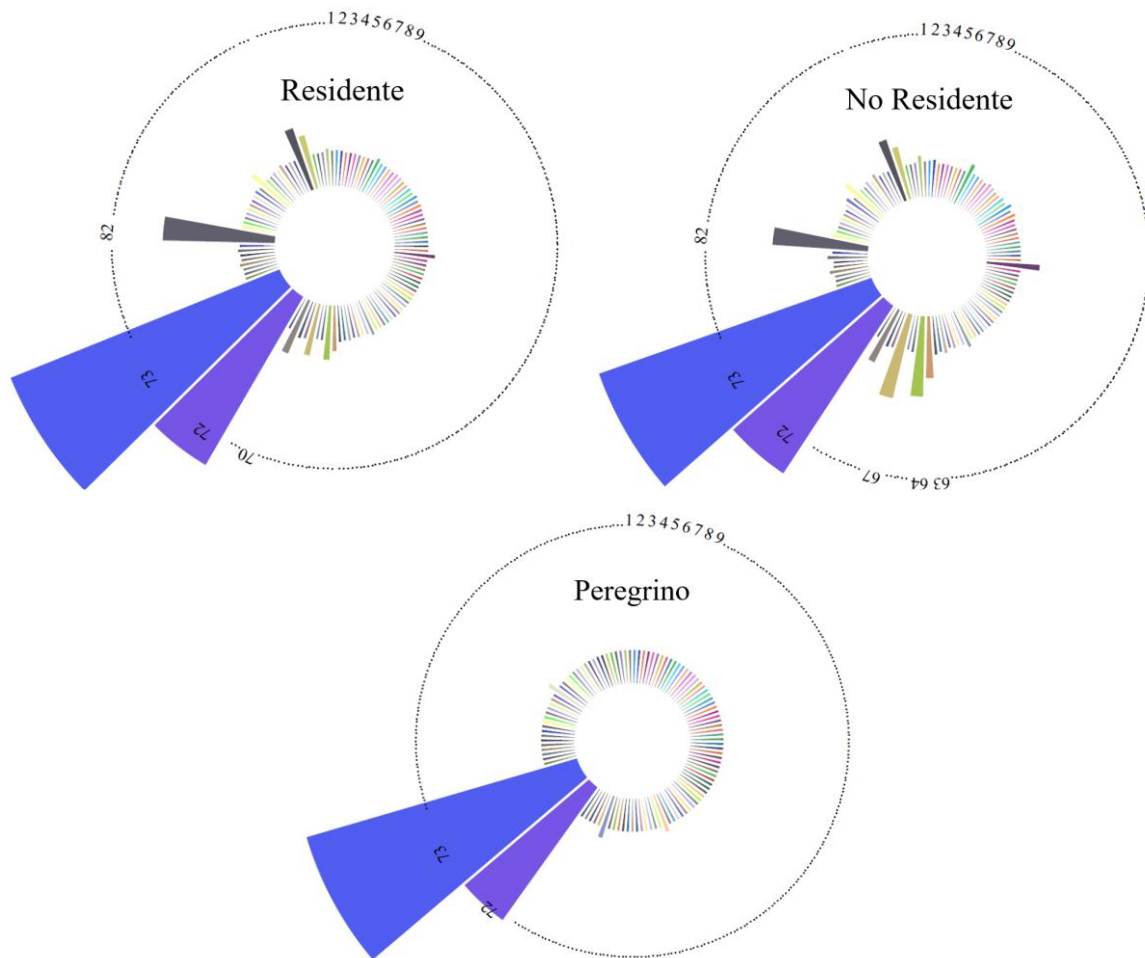
3) Multiplicadores asociados

A diferencia de los estudios de contribución económica que miden el tamaño como un porcentaje que representa una parte de la estructura productiva en el total, el impacto económico se refiere a los efectos de los cambios en la demanda final.

Lo deseable es construir modelos de demanda (de flujos domésticos) tomando como base las SUT. En efecto, una de las principales ventajas del esquema de IO rectangular es su dimensión, que viene dada en el formato productos por industria. La demanda final (que actúa como variable exógena en el modelo) se ingresa por productos. De ahí, se logra una clara aplicabilidad a partir del modelo IO rectangular. Se entiende que es más adecuado trabajar con modelos de flujos domésticos ya que la variable independiente es sencilla de identificar. Por el contrario, cuando se acude a modelos de flujos totales al vector de gasto por tipo de visitante habría que deducirle las importaciones asociadas, información que no se conoce y que requiere supuestos de trabajo que llevarían a resultados cuestionables.

Galicia presenta el siguiente comportamiento de consumo por tipo de visitante.

Figura 10. Vector de consumo por tipo de visitante



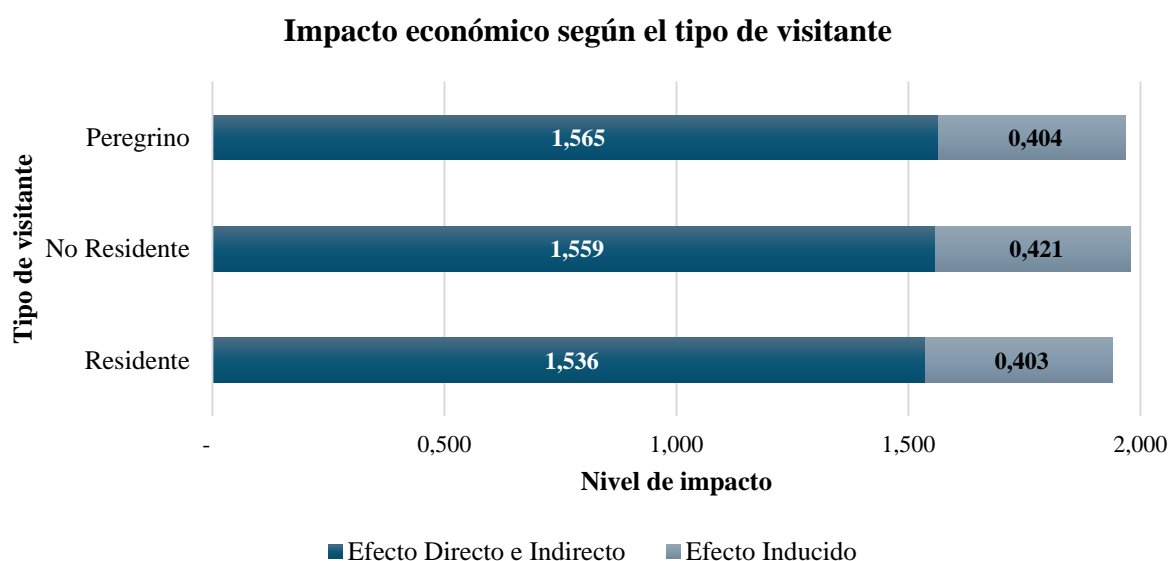
Fuente: Elaboración propia.

En los vectores de consumo se puede apreciar la representación de los servicios de Alojamiento, Restauración y Transporte como principales productos turísticos. Igualmente se observan diferencias entre perfiles y la importancia en aspectos como el Transporte Aéreo en el caso de los visitantes no residentes y Servicios inmobiliarios (segunda residencia y alquileres) para los residentes. Véase Anexo 2: Productos correspondientes a la economía de Galicia.

Los peregrinos poseen un porcentaje mayor de consumo en los servicios de Alojamiento y Restauración (comida y bebida). El resultado refleja que la contribución del ingreso del visitante peregrino, bajo su dinámica de turismo, es utilizado en mayor medida para cubrir sus principales necesidades. Los demás tipos de productos no son tan usados, especialmente el Transporte, ya que el objetivo es caminar varios kilómetros hasta llegar al punto final de peregrinaje (Santiago de Compostela).

Seguidamente, se encuentra el turismo residente, el cual presenta una relación más estrecha en el comportamiento de consumo con el visitante no residente. El turismo de residentes, adicional al consumo de Alojamiento y Restauración, demanda los Servicios de Alquiler de Coches, el uso de Vehículos de Motor y Transporte Terrestre de Mercancías. Solicitan, igualmente, Servicios Inmobiliarios, Agencias de Viaje y el consumo de Eventos y Espectáculos. Los no residentes poseen una participación similar, contando también con la demanda de Transporte Aéreo.

Figura 11. Participación en el impacto económico total del turismo en Galicia por tipo de visitante



Fuente: Elaboración propia.

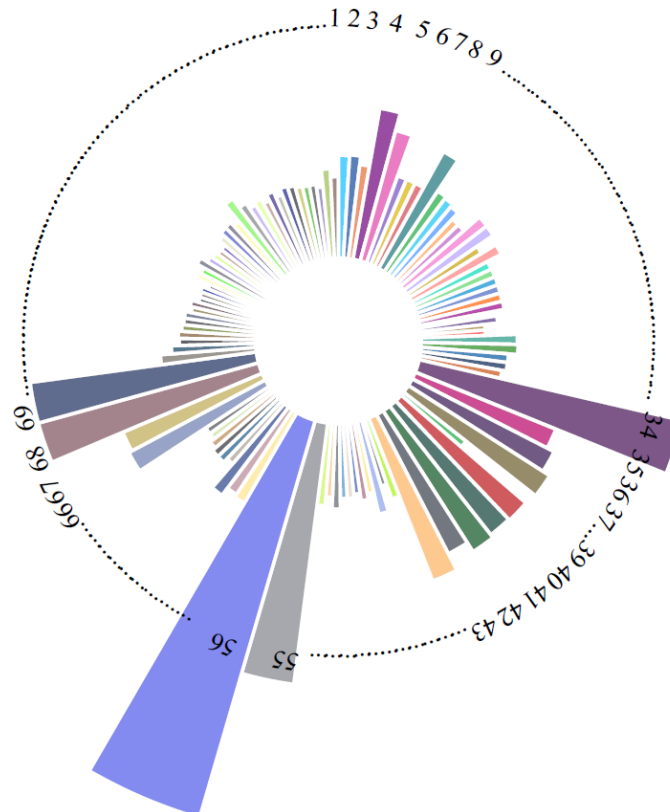
La Figura 11 revela un impacto económico ligeramente mayor en los no residentes frente al resto de los visitantes. En la medición de los efectos directos e indirectos, la escala de impacto económico posiciona a los no residentes en primer lugar, seguido de los peregrinos y, por último, de los residentes. Esto se debe al efecto que causa el consumo de bienes y servicios como el Alojamiento y Restauración en Galicia, adicional al consumo de otras actividades económicas por parte de los no residentes en comparación con peregrinos y residentes. Aunque estos últimos poseen un consumo similar al de los visitantes no residentes, dicha demanda presenta una menor proporción.

Una vez expuestos los resultados de los impactos económicos, se da paso a la presentación de los efectos ambientales bajo la misma clasificación turística. Aquí se

multiplica la inversa de Leontief, y su extensión, por el vector de emisiones de CO₂, dando como resultado los bienes y servicios con mayor nivel de contaminación ambiental.

Inicialmente se expone en la Figura 12 el vector de CO₂ en miles de toneladas sobre la producción.

Figura 12. Productos con mayor nivel de emisión de CO₂ en Galicia



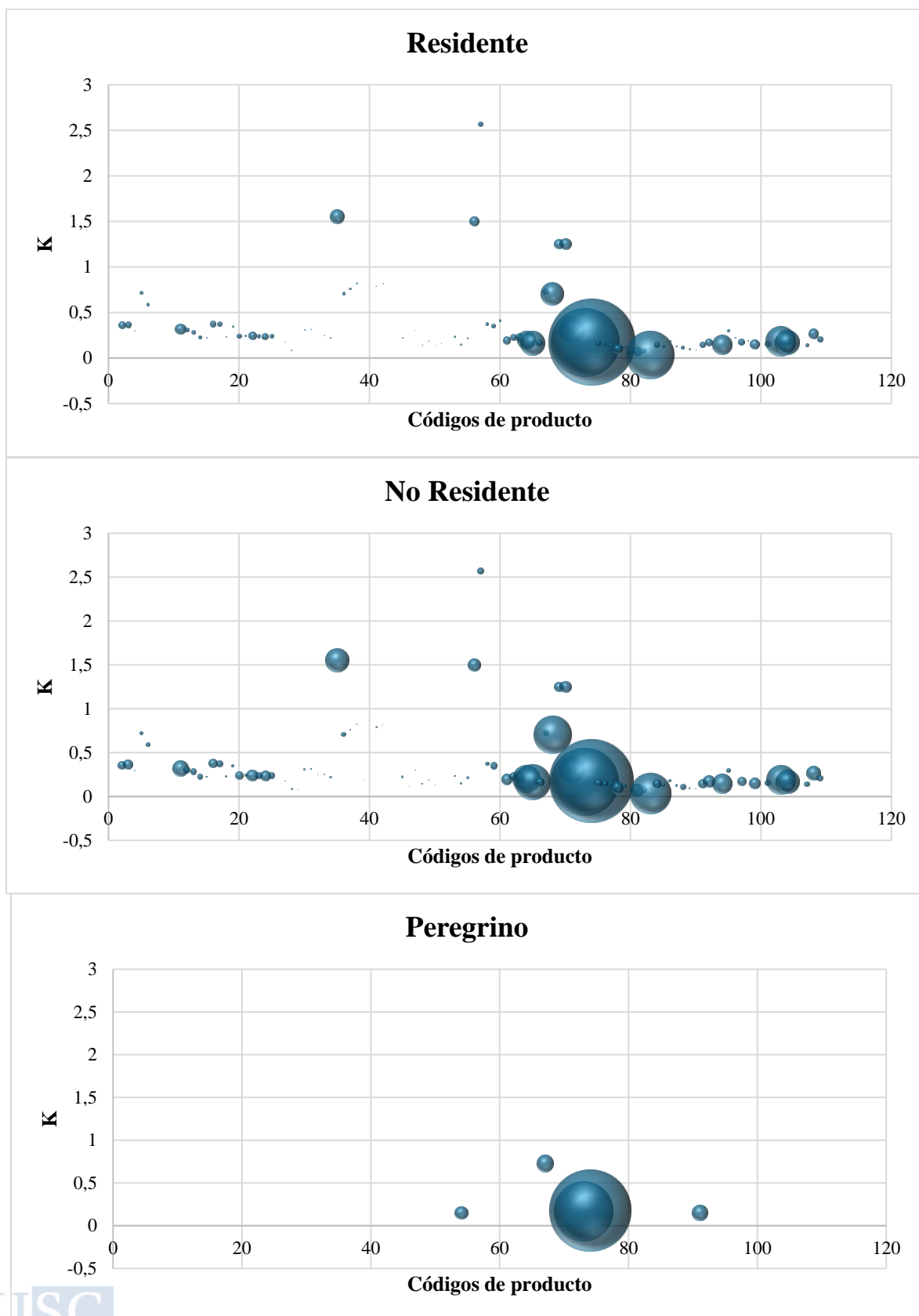
Fuente: Elaboración Propia

Uno de los servicios más recurrentes es el Transporte (No 56 – Código 35B), manifestado en los ítems de servicios de Transporte y Distribución, Transporte Aéreo, Transporte Terrestre de Mercancías y de Pasajeros; el cuál corresponde a una de las actividades directas del turismo. Debido a la creciente demanda turística, el sector de Transportes –esencialmente el Aéreo– ha contribuido fuertemente en las emisiones de CO₂ (Cadarsó et al., 2015; Sharp et al., 2016), convirtiéndolo en uno de los puntos sensibles al momento de determinar acciones por parte del turismo para la reducción de emisiones.



Relacionando la clasificación turística (expuesta en la Figura 10) con el vector de CO₂, se obtiene la Figura 13 de impacto ambiental por tipo de visitante y producto.

Figura 13. Relación de los coeficientes de CO₂ por producto y la tipología del visitante

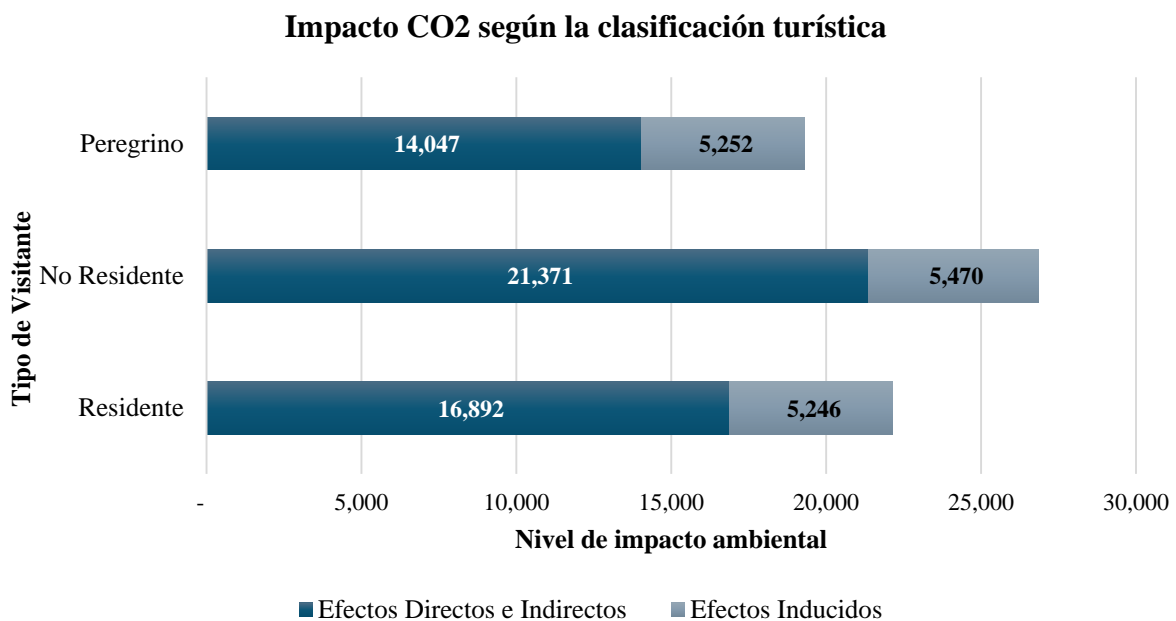


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 13 expone al visitante no residente como el tipo de turismo con mayor efecto ambiental a causa de la emisión de gases. Como bien se observaba en los vectores de impacto económico, este visitante no solo posee un alto nivel de consumo en Transporte, sino en varias de las actividades económicas características y no características del turismo, lo que incide en el resultado de una afectación ambiental mayor. El visitante residente posee un efecto similar, pero en menor proporción. Es el impacto del visitante peregrino el que varía drásticamente a causa del tipo de turismo y su consumo enfocado a atender necesidades básicas de Alojamiento y Restauración, resultando un aspecto positivo en materia ambiental.

A modo de resumen, la Figura 14 presenta el impacto total de las emisiones de CO₂ en la economía de Galicia, diferenciando los efectos directos, indirectos e inducidos.

Figura 14. Impacto de las emisiones de CO₂ (ratio por 100) en Galicia según la clasificación turística



El turismo de mayor impacto ambiental por emisión de gases es el turismo no residente con un total de 26,84, seguido el turismo residente y peregrino con un 22,13 y un 19,29 respectivamente. Aunque el turismo no residente posee una dinámica económica interesante por el consumo de muchas actividades adicionales a las de Alojamiento y

Restauración, el efecto ambiental es un 28% mayor en comparación con el visitante peregrino. Igualmente, es importante considerar si sobre las actividades donde este visitante está generando movimiento económico son relevantes para Galicia, o si, por el contrario, son bienes y servicios importados, como es el caso de gran parte de los servicios de Agencias de Viaje.

3.5 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

El presente capítulo aborda dos aspectos claros en sus conclusiones. Un primero, que corresponde a aspectos metodológicos y otro, que parte del contexto de impacto económico y ambiental.

Desde el punto de vista metodológico se concluye lo siguiente:

- El uso de la mayor desagregación de los marcos IO contables facilitó el análisis de actividades turísticas agregadas que en las tablas IO simétricas, como es el caso de Alojamiento y Restauración, no se hubiese podido realizar.
- Aunque los efectos inducidos parten de la base metodológica del modelo de Miyazawa, la extensión por filas y columnas presentaron cambios en las variables utilizadas. Por un lado, en la extensión de filas, en vez de usar el VAB, fue trabajada la variable de Sueldos y Salarios, dejando de considerar aspectos como la Seguridad Social que no entran a formar parte del consumo interno. En el caso de las columnas, se utiliza como denominador el Consumo Total en vez del Ingreso Total, ya que se estima que no todo el ingreso es consumido. Se concluye entonces que estas modificaciones, aunque generan valores inferiores a los estimados en el modelo inicial de Miyazawa, no incurren en sobreestimaciones, considerando valores que no corresponden al consumo total de residente.

El turismo ha sido una de las actividades de mayor representación en los últimos años, dándole a los países la oportunidad de dar crecimiento, así como de generar empleo y crear una dinámica diferente de mercado. Sin embargo, al ser un conjunto de actividades que se conectan de manera indirecta e inducida con el resto de los bienes y servicios,

también el medio ambiente se ve expuesto a grandes afectaciones. Por ello la tendencia internacional exige acciones que incluyan el concepto de sostenibilidad (Kitamura et al., 2020).

La medición de los impactos económicos y ambientales destaca las siguientes conclusiones:

- La Restauración posee una mayor participación en ingresos en relación con Alojamiento y Agencias de viaje, indicando el interés mayor de los visitantes al momento de determinar sus gastos por turismo.
- Existe un porcentaje sustancial de importaciones en los productos directos de la actividad turística, teniendo una mayor participación en Agencias de Viaje y Restauración. El Alojamiento ostenta el porcentaje más bajo de participación de importaciones, lo que indica hacia donde deben estar enfocados los esfuerzos de promoción turística.
- Los multiplicadores muestran que es el turista no residente quien posee un efecto multiplicador mayor en la economía, aunque no en proporciones muy elevadas en comparación con los demás visitantes.
- Dentro de las actividades turísticas de mayor impacto ambiental por el nivel de gases emitidos, se encuentran el Transporte Aéreo, Transporte de Pasajeros, Transporte Marítimo y demás transportes que son necesarios reducir para atender en mayor medida la contaminación.
- El turista no residente es el que mayor emisión de gases (CO₂) genera, seguido de los residentes. La gran diferencia se encuentra en los turistas peregrinos. Siendo una dinámica de viaje diferente en relación con las anteriores clasificaciones, la demanda se dirige a bienes de necesidad básica como el comer y dormir, lo que hace que la emisión de CO₂ sea muy inferior.

CAPÍTULO 4:

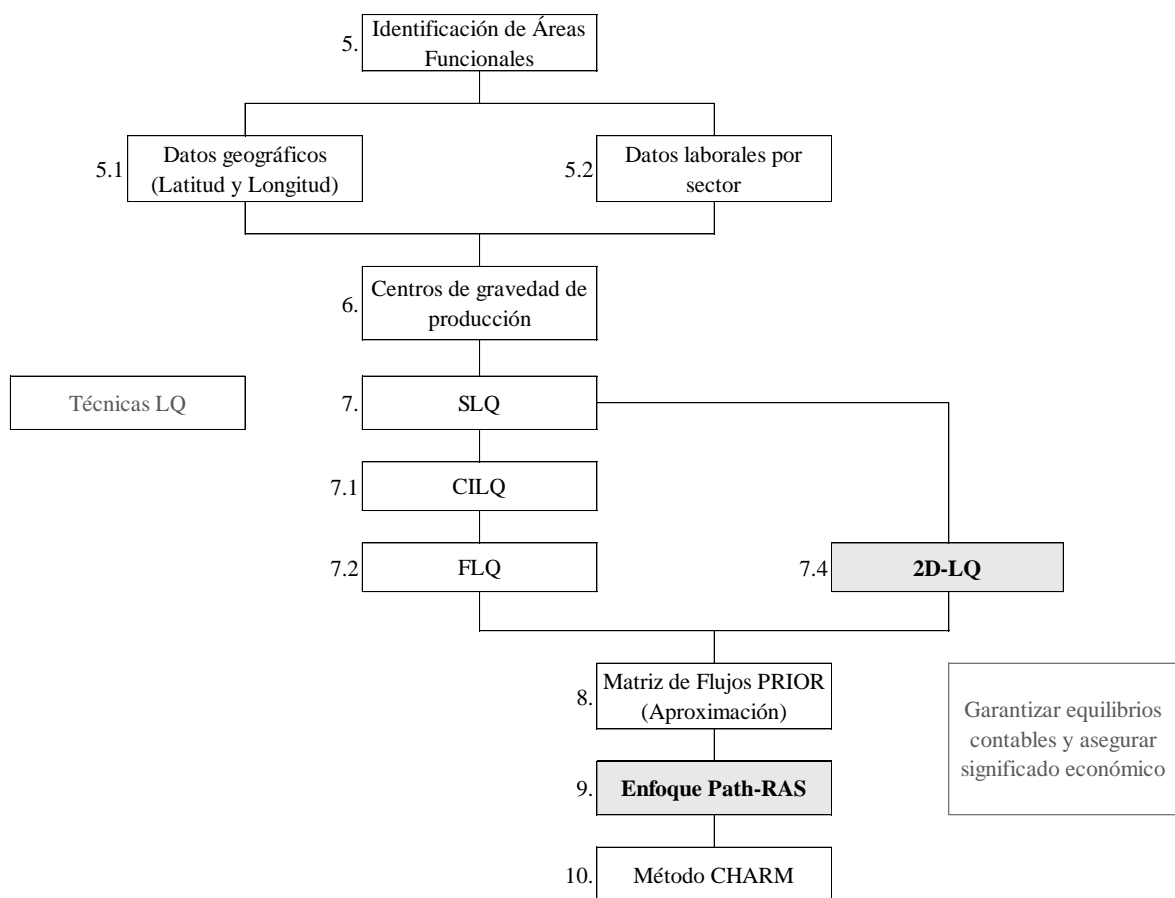
Escala Subterritorial

CAPÍTULO 4: ESCALA SUBTERRITORIAL

4.1 INTRODUCCIÓN: DESARROLLO PRÁCTICO DE LA METODOLOGÍA PATH-Q-PLUS

A partir de la Figura 4 de la estructura metodológica IO regional e interregional, se engloba el apartado de “Escala subterritorial”. La explicación de los resultados sigue la secuencia de las fases.

Escala Subterritorial: Método Path-Q-Plus



Tomado de la Figura 4.

El presente capítulo expone una aplicación de desagregación contable mediante la metodología Path-Q-Plus para las SUT de Galicia del año 2021 en cinco áreas funcionales. Inicialmente, se seleccionaron los principales polos de atracción laboral y se distribuyeron todos los municipios gallegos a las áreas con mayor impulso sobre la variable utilizada para la delimitación.

Una vez reconocidas las cinco áreas funcionales, se georreferenció la actividad económica de los productos en cada segmentación, con base en los afiliados a la Seguridad Social por sector y en la presentación de la latitud y longitud de cada municipio, llevado a área funcional.

Después de reconocidas las áreas y los principales productos de impulso económico, se elaboró la matriz PRIOR de flujos para cada técnica LQ expuesta en la Figura 4. Esta se toma como la matriz base sobre la cual se ejecutó el Path-RAS y se realizaron las matrices subterritoriales a escala local. Aquí se analizó la demanda final para el reconocimiento de la significancia económica y posteriormente, se trabajó el estadístico STPD, que dio cuenta de la similitud de la matriz estimada, sobre la matriz PRIOR.

Finalmente, se cuantificó el cross-hauling desde la adaptación del método CHARM, exponiendo la interrelación comercial entre las cinco áreas funcionales sobre bienes y servicios heterogéneos.

Cada proceso da cuenta de comparativos metodológicos, que reflejan una solución innovadora en la metodología Path-Q-Plus sobre las demás técnicas ejecutadas en el presente ejercicio.

4.2 ÁREAS FUNCIONALES – DIVISIÓN TERRITORIAL.

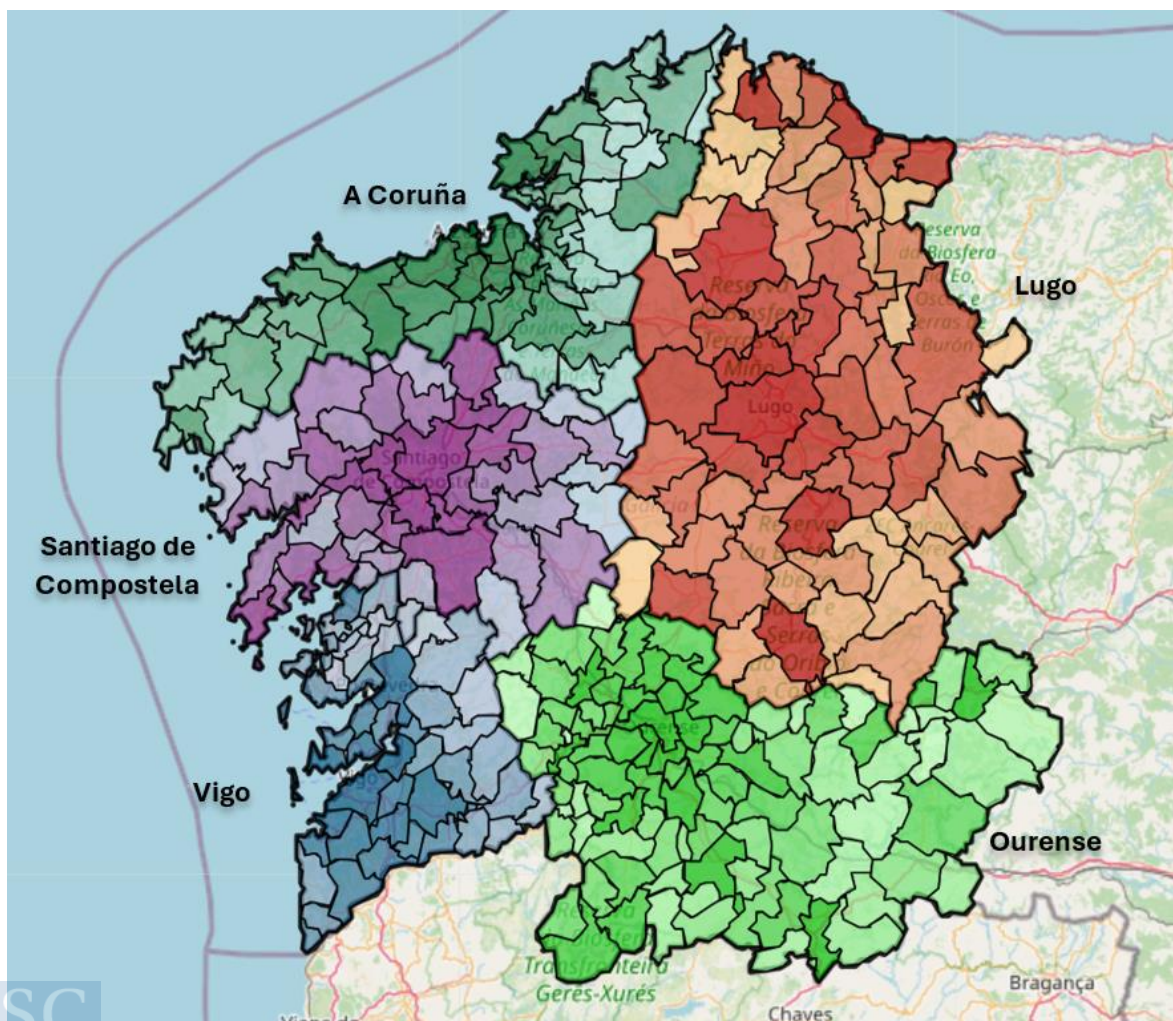
El desarrollo metodológico comenzó con la delimitación de cinco áreas funcionales en la región de Galicia (España) buscando hacer un ejercicio más específico, pasando de una región a la creación de diferentes áreas estructuradas, demarcando los 313 municipios que la representan, según el “spred effect” expuesto en el capítulo metodológico.

La selección inicial de las cinco áreas funcionales se realizó tomando como base la representación poblacional respecto al total de la región y posterior, se identificó el número de individuos ocupados con base en la matriz de ocupados-residencia, en donde se reconoce el municipio de residencia y el municipio de trabajo. Los datos fueron obtenidos

del Censo Anual de Población del INE. Allí se consideraron los individuos que residen en algún municipio de Galicia y posterior se identificaron los que trabajaban en municipios correspondientes al mismo territorio de estudio. Las personas que residen por fuera de Galicia fueron descartadas del ejercicio. Posteriormente, se elaboró una matriz simétrica para el reconocimiento de las áreas con mayor fuerza laboral en cada uno de los 313 municipios; es decir, aunque es posible que los ocupados de un municipio trabajen en diferentes zonas, se determina su vinculación de acuerdo con el peso que mayor representación posea en las áreas funcionales definidas.

Adicional a la distribución espacial, el resultado generó un mapa de calor por área, que refleja los municipios más o menos vinculantes a las áreas funcionales como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Áreas Funcionales de Galicia según el número de ocupados

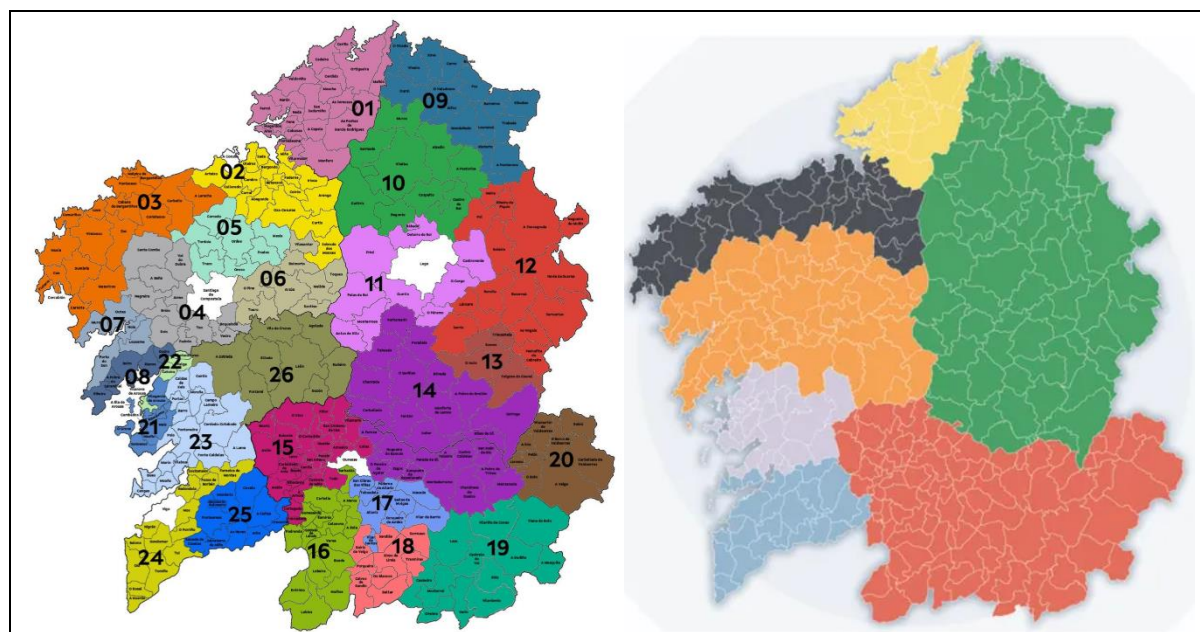


Fuente: Elaboración propia.

La Figura 15 permite observar una mayor representación con los colores más pronunciados y una menor participación con los colores de tono más claro sobre municipios partícipes de cada área funcional. Bajo la profundidad de los datos, se muestra que ante un mayor nivel de renta en los municipios analizados y en las áreas funcionales definidas, mayor nivel de atracción demográfica. Sin embargo, aquellos municipios que poseen un color más claro y que se encuentran en la frontera de cada área funcional, presentan una dispersión de sus ocupados, atribuyendo pesos relativos en más de un área.

Comparando los resultados del ejercicio anterior, con las áreas funcionales definidas en Galicia, ya sea por áreas sanitarias o la delimitación por geodestinos, se evidencia una cercanía con la estructura de las áreas sanitarias. Siendo diferentes las variables establecidas para la delimitación, la relación entre áreas sanitarias y las estipuladas en esta tesis desde el criterio de ocupación, poseen una similitud; sin embargo, existen algunos municipios en los límites de cada área que tienen pertenencias disímiles.

Figura 16. Mapa de Geo-destinos y Áreas Sanitarias de Galicia



Fuente: Turismo de Galicia - Ministerio de Sanidad.

Cada área funcional mencionada refleja que, aunque Galicia sea una única región, existen disparidades en el comportamiento según las variables que se consideren. En el momento de definir políticas, es necesario establecer las condiciones de estas, más que desde

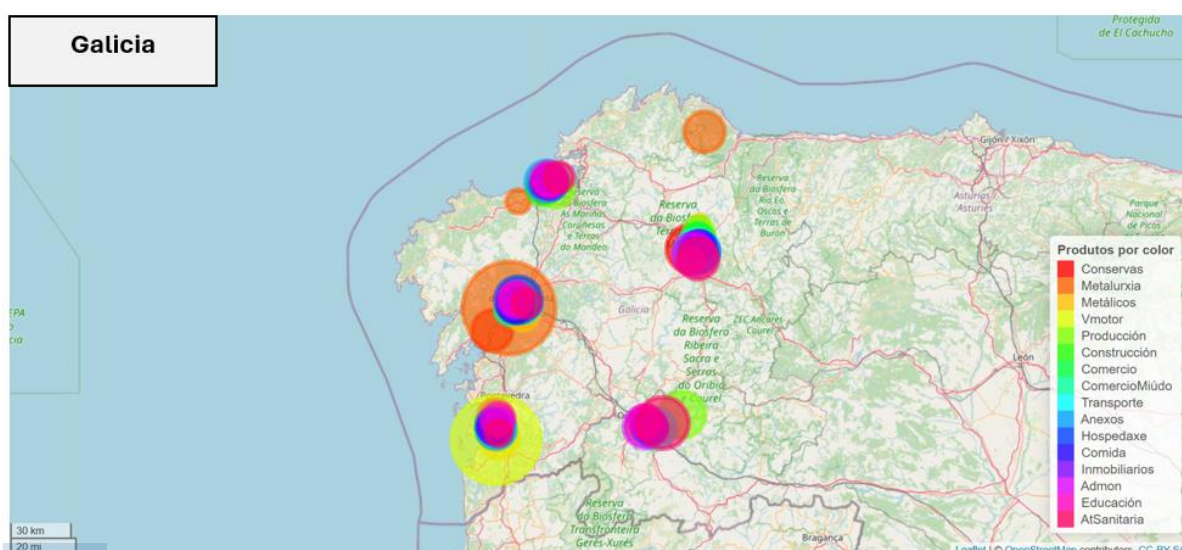
una uniformidad regional, desde una uniformidad funcional, siendo consecuentes con la forma en la que actúan los municipios y en las que se generen menos relación backwash.

La determinación de la distribución espacial es, sin lugar a duda, uno de los aspectos de mayor relevancia en el proceso de regionalización de los datos, ya que, sin su consideración, es probable que no se logre la base uniforme que se requiere para la toma de decisiones y la definición de alcances respecto a las condiciones actuales de cada área, sus limitantes y sus oportunidades.

4.3 CENTROS DE GRAVEDAD DE PRODUCCIÓN

Una vez identificadas las áreas funcionales, se considera la Seguridad Social por sector, a partir de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas de dos dígitos (CNAE2D), obtenida del Ministerio de Inclusión Social y Migraciones, lo que permite la categorización de las actividades económicas. Posteriormente, esta información se transforma a productos, partiendo igualmente de las SUT de Galicia de 2021. Al final, se relaciona la latitud y la longitud de los 313 municipios dando como resultado, las coordenadas de operación de los 108 productos estudiados en las cinco áreas funcionales trabajadas.

Figura 17. Centros de gravedad (producción) de Galicia según las áreas funcionales

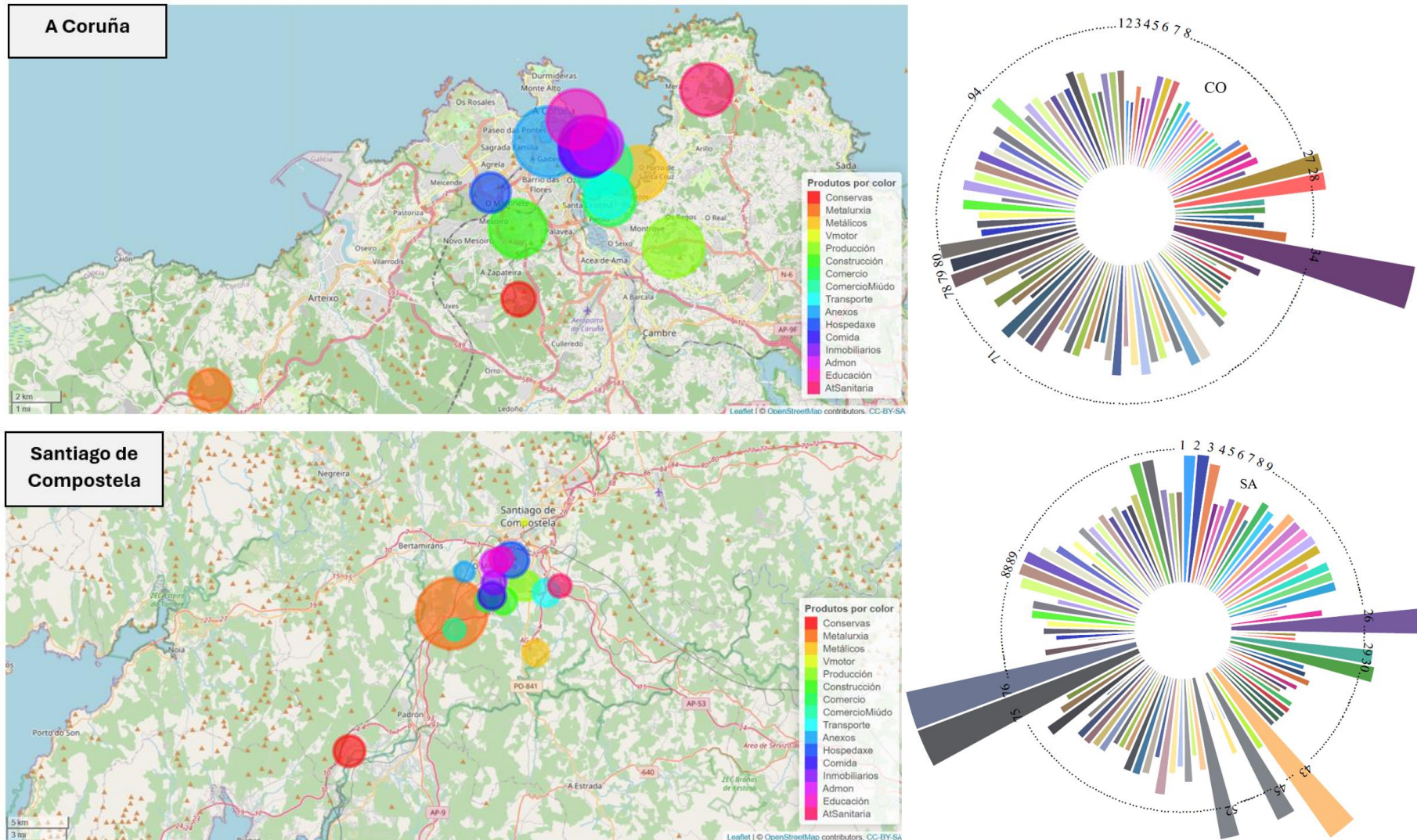


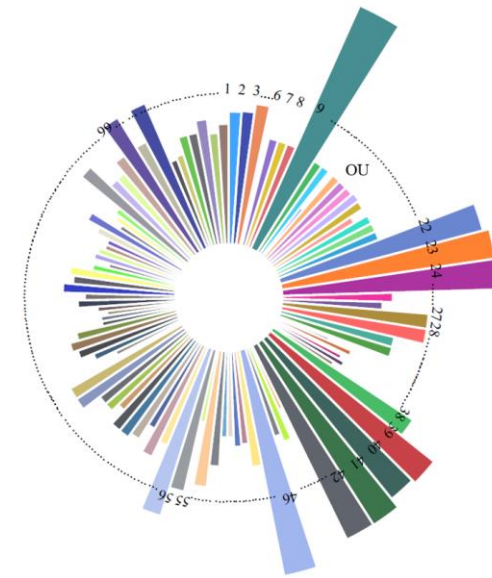
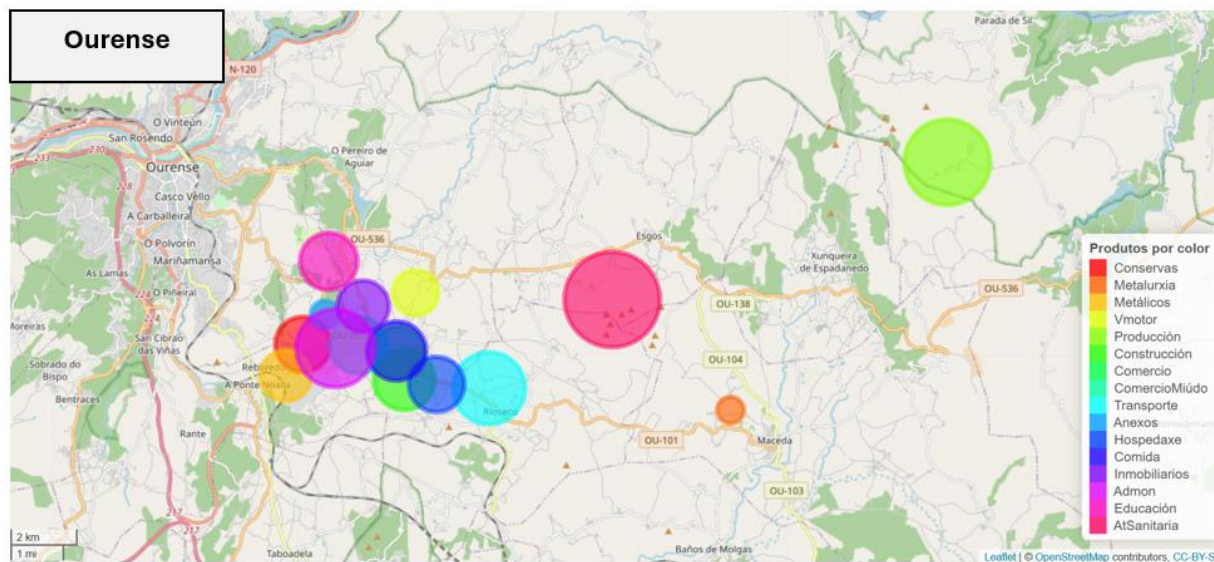
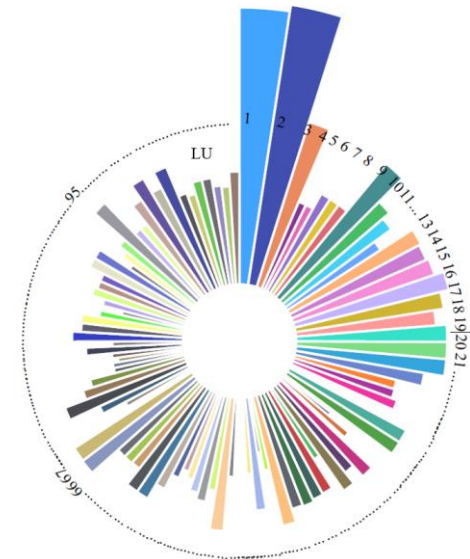
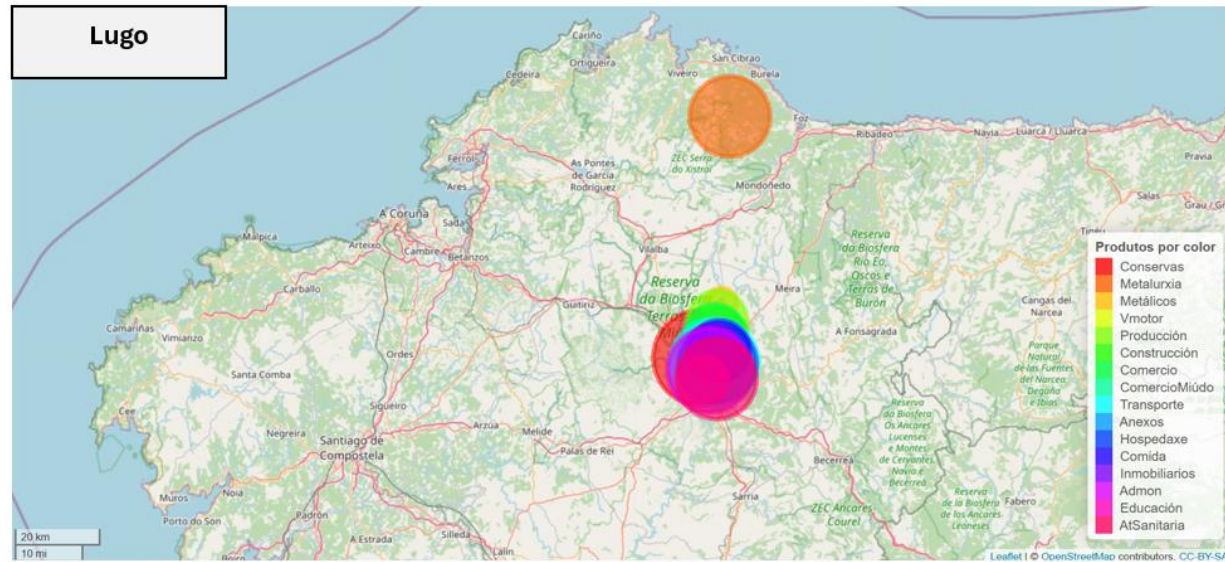
Fuente: Elaboración propia.

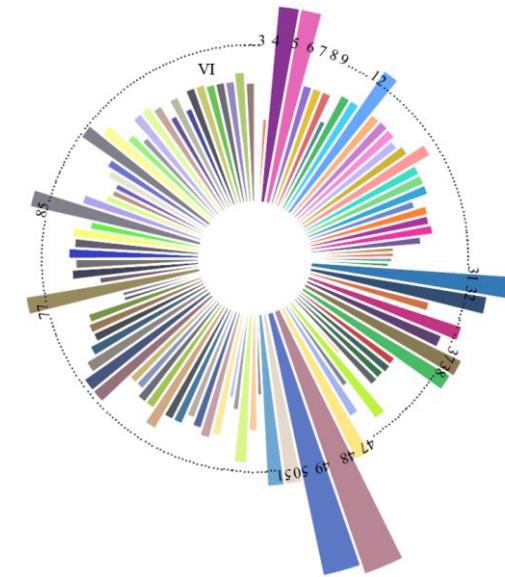
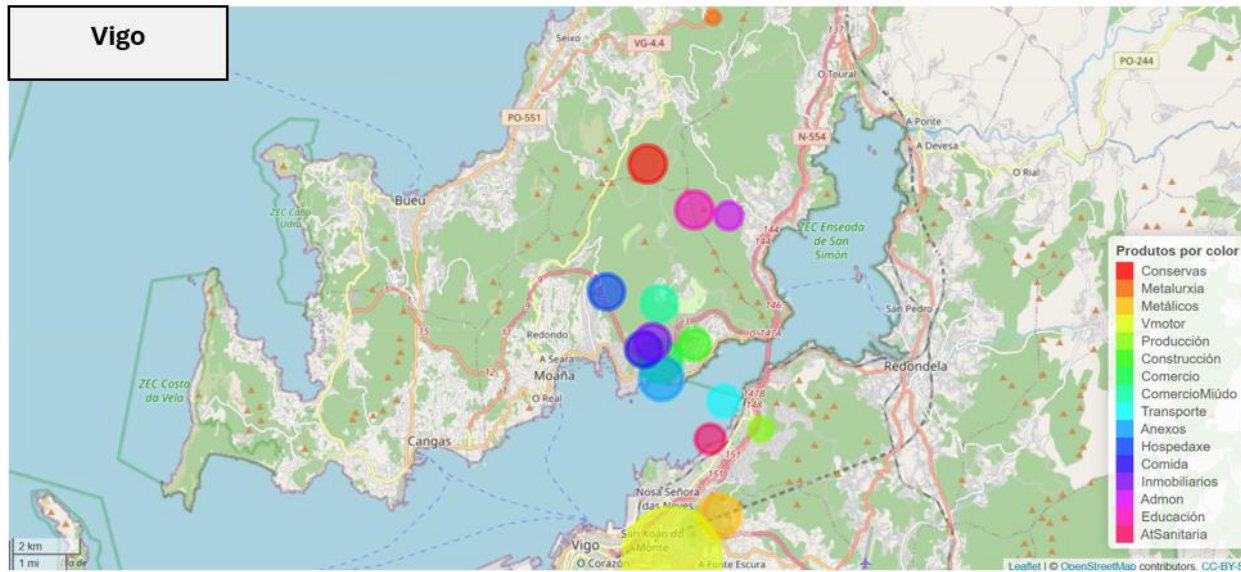
La Figura 17 muestra los 16 productos con mayor representación económica en Galicia, georreferenciados en cada área funcional. Los resultados concuerdan con la realidad económica de cada área y reflejan una proximidad espacial de la operatividad de cada industria.

A fin de exponer el detalle por área funcional, a continuación, se presentan los 16 productos en su ubicación geográfica y la relación gráfica de los 108 productos, indicando cuales poseen una mayor relevancia económica según el área de producción.

Figura 18. Centros de gravedad de producción por área funcional







A Coruña, ubicada al extremo norte de Galicia y limitando con el Océano Atlántico, presenta como principal medio de producción el Refino de petróleo; en este espacio se concentra la explotación marítima del producto. Adicional, actividades marítimo-portuarias poseen gran interés al ser un lugar estratégico para el acceso al resto de Europa.

Por otro lado, el área funcional de Santiago de Compostela refleja su fuerza económica en el sector servicios, especialmente en Actividades cinematográficas y de televisión, así como los servicios de Programación y emisión de radio. Otros productos relevantes son la creación de Muebles, los Textiles y la Metalurgia.

Lugo por su parte, enfoca su actividad a los Productos ganaderos, seguido de los Agrícolas. La Producción láctea y la Cosecha de patatas, maíz, frutos y vinos son de gran interés en esta área.

Para Ourense, la actividad económica de mayor representación es la Extracción de minerales no metálicos ni energéticos por su riqueza en sólidos industriales como son la caliza, la piedra y la arena, de los cuales se desprende el desarrollo de demás procesos industriales. Adicional, el Vino y otras bebidas alcohólicas alcanzan una importancia productiva en la zona.

Por último, Vigo posee una concentración de ingresos en actividades correspondientes a Vehículos de motor y Partes y piezas no solo para la industria automovilística, sino también para la construcción naval. Aquí destaca la producción de la empresa Stellantis, que cada año produce alrededor de 531.000 vehículos de la marca Citroën (Stellantis, 2023). No obstante, es importante resaltar que la Pesca y la Industria conservera, aunque son actividades tradicionales, siguen teniendo trascendencia económica en la actualidad.

Aunque existen preponderancias de ciertas actividades productivas en cada área funcional, se observa en los gráficos de barras de la Figura 18, la relativa uniformidad en los demás productos. Identificar en qué industria se encuentra la actividad laboral de los municipios con menor fuerza de trabajo, puede facilitar estrategias spred-effects que promuevan el crecimiento económico en gran parte del área funcional definida.

Tener un reconocimiento profundo de la composición de las áreas funcionales, adicional a la estructura productiva y su ubicación geográfica, no solo valida los resultados por su coherencia económica, sino también por la certeza de que las políticas y acciones que se ejerzan sobre cada espacio serán congruentes con las necesidades de la población.

Este paso demandó no solo un detalle cuantitativo respecto a la relación y convergencia de los datos expuestos, sino también un análisis profundo de los resultados obtenidos a partir de la comparación con la realidad económica actual de Galicia y de cada área funcional. Entonces, se perfila la forma en la que se deben concentrar los esfuerzos en materia económica para un mayor beneficio y se busca igualmente la manera de evitar comportamientos backwash, que puedan llevar a la pérdida de oportunidades para ciertas zonas ante un mayor crecimiento económico y de industrialización.

4.4 TÉCNICAS LQ Y MATRIZ PRIOR

Una vez reconocidas las áreas funcionales y centros de gravedad de producción, se continúa con la exposición de la metodología Path-Q-Plus. Con el objetivo de ir validando las ventajas de la propuesta metodológica respecto a otros modelos, se realizó el testeado de los resultados de las técnicas LQ más utilizadas (SLQ, CILQ, FLQ, 2D-LQ) tanto en la matriz PRIOR, como en la elaboración de las iteraciones a partir del Path-RAS y la identificación del cross-hauling. Este proceso comparó los resultados de la concentración de los datos en las matrices de la diagonal principal, la velocidad de la convergencia para evitar los elementos negativos en la demanda final y por último la robustez en los datos que explican el cross-hauling.

Inicialmente, se estimó el porcentaje de los trabajadores de cada área funcional por producto y la participación de cada producto por área funcional, dando como resultado el SLQ, que luego se fue transformado en una matriz de 540×540 (108 productos por 5 áreas funcionales) donde solo cobran valor en este primer apartado, las cinco matrices de la diagonal principal de 108×108 .

Después, se elabora la matriz para cada técnica LQ. Los SLQ solo poseen una rectificación matricial por filas. En el caso de los CILQ el resultado es por filas y

columnas. Tal y como se señaló en la explicación técnica, el FLQ, condiciona diferentes parámetros para la búsqueda de un mejor resultado. Aquí, el valor de λ se estima para cada área funcional y se establece un $\delta = 0,3$, haciendo reconocimiento de las sensibilidades óptimas establecidas por Flegg (Flegg & Tohmo, 2013, 2016, 2019).

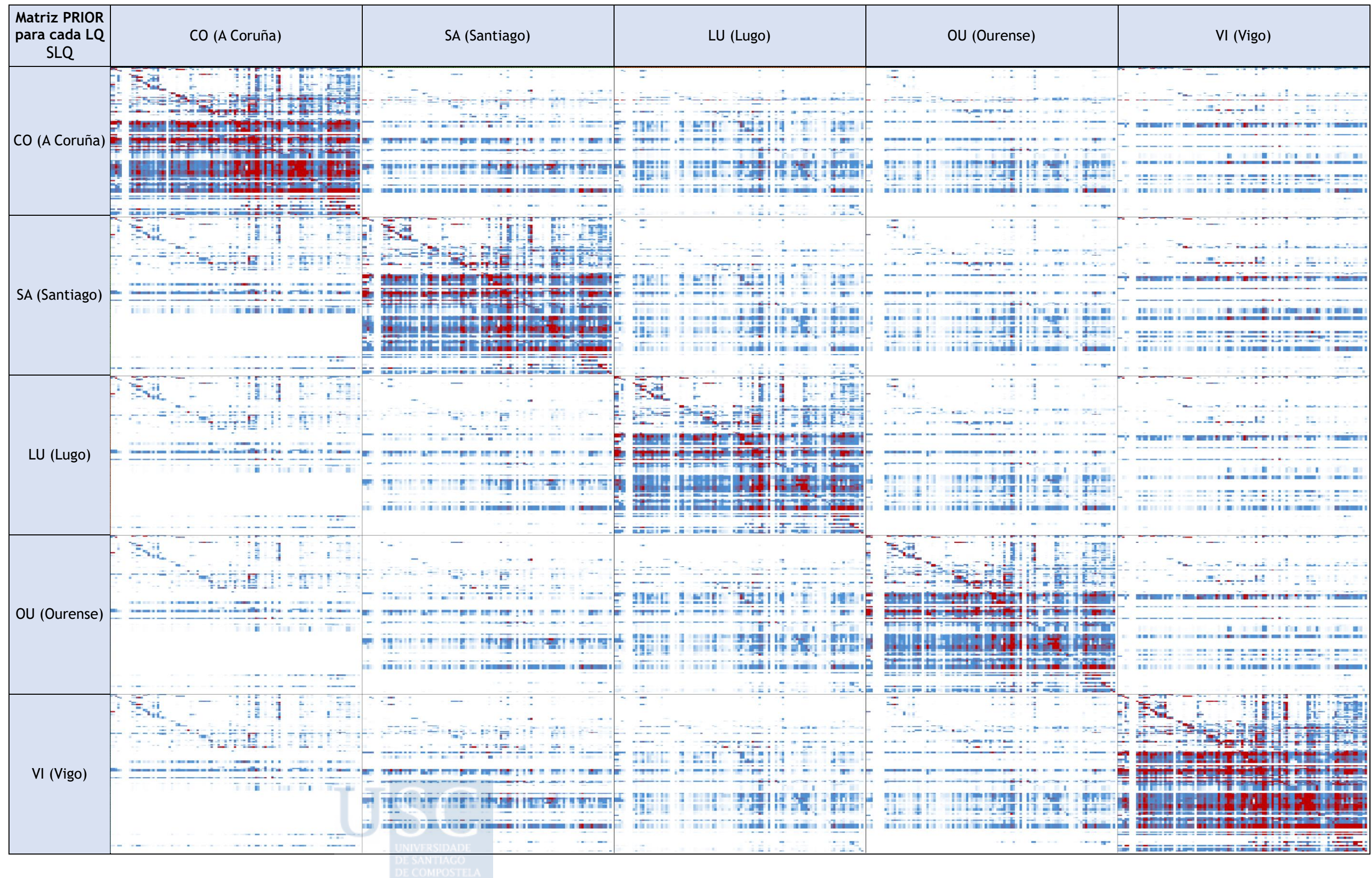
El 2D-LQ se puede aplicar asignándole un $\alpha = 0,6$ y $\beta = 0,28$, parámetros recomendados, según los resultados de ejercicios empíricos realizados con anterioridad por Pereira López, et al. (Martínez-Alpañez et al., 2023; Pereira-López et al., 2020). Esta técnica opera de tal forma que puede atribuírsele un aumento razonable al valor de α en detrimento del valor de β , sin que se cometan errores significativos en las estimaciones.

Las matrices por fuera de la diagonal principal cobran el valor de 1 menos el resultado de la matriz de la diagonal principal según la columna. Es así, como los valores de cada columna matricial corresponden a cada área funcional.

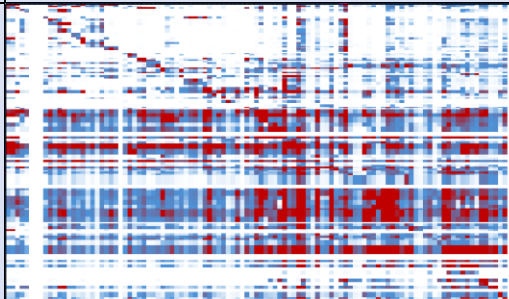
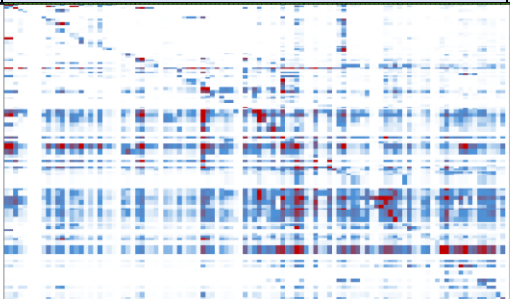
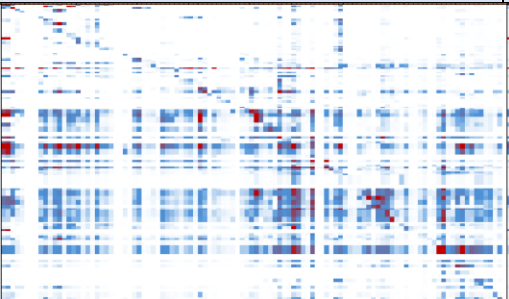
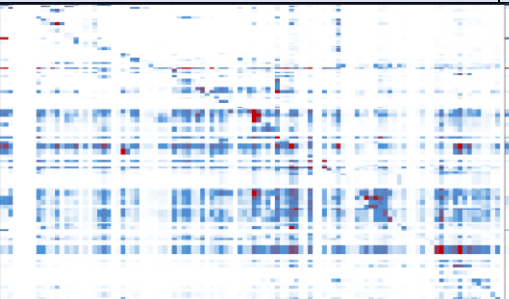
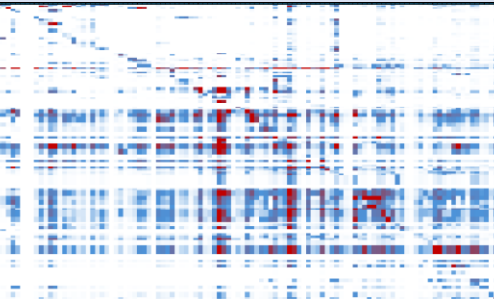
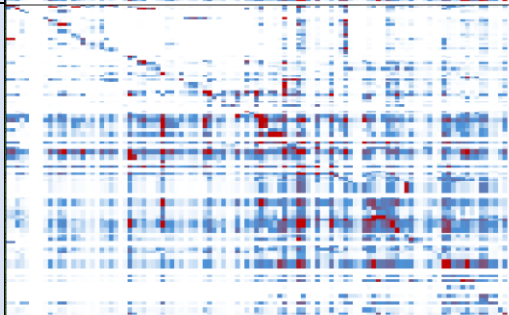
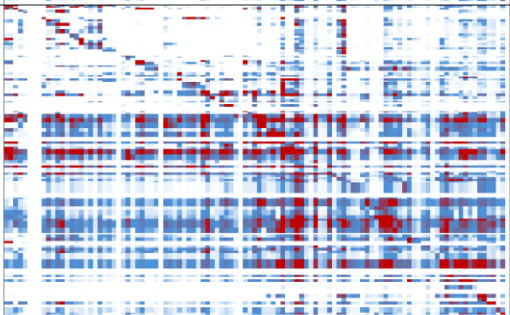
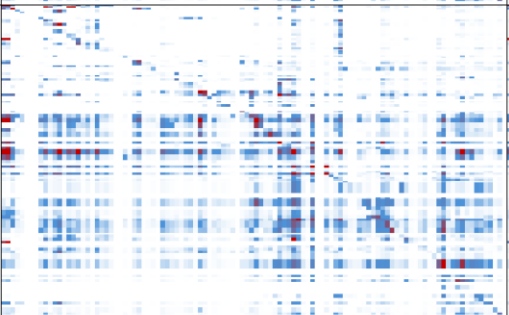
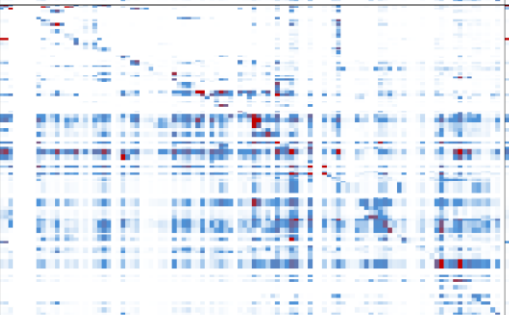
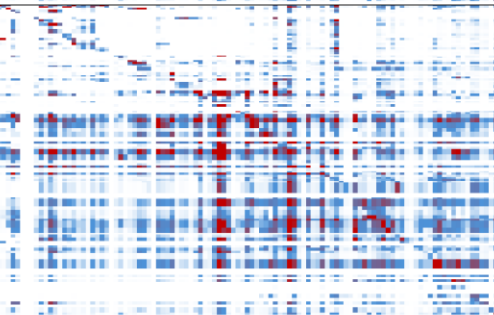
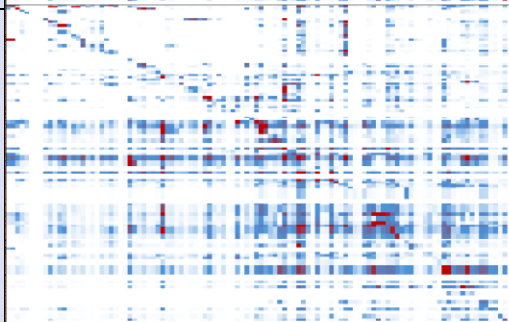
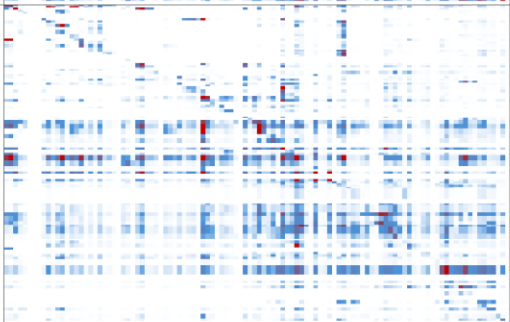
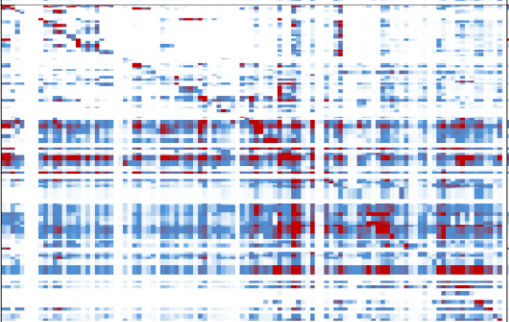
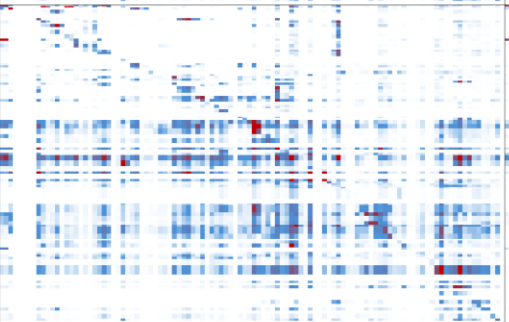
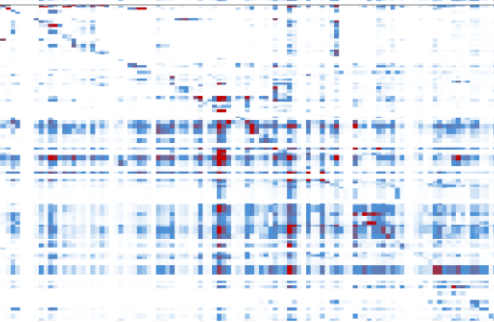
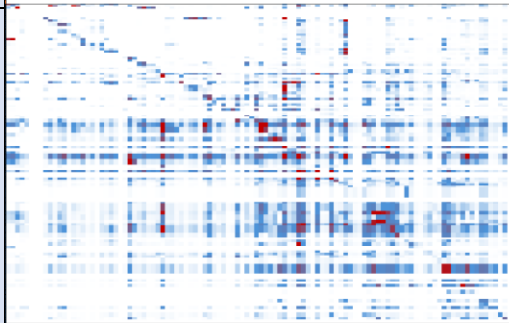
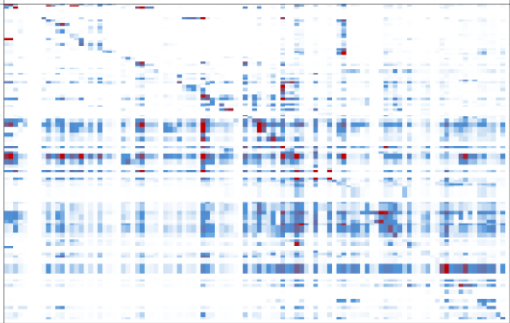
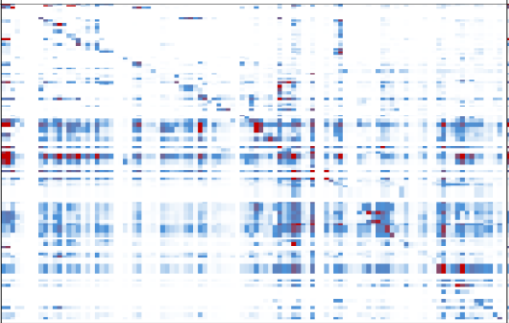
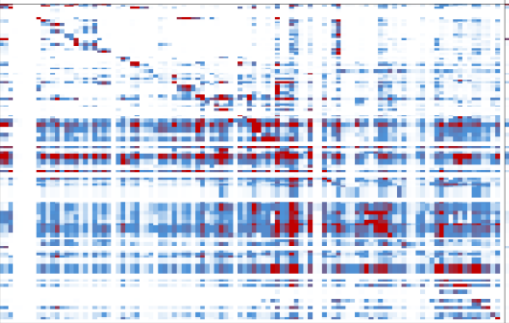
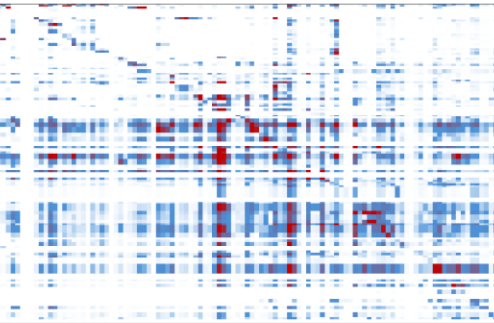
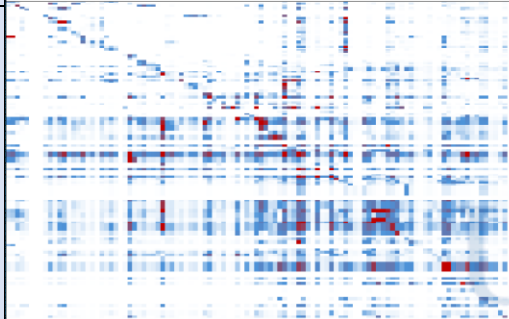
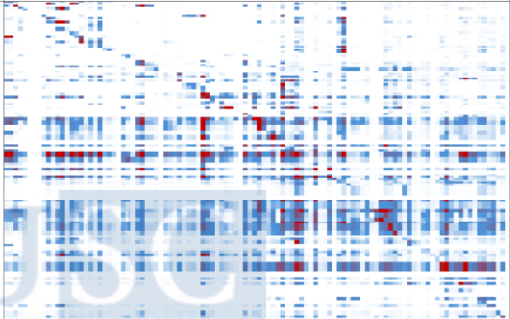
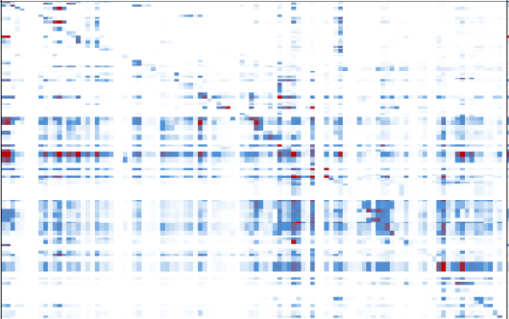
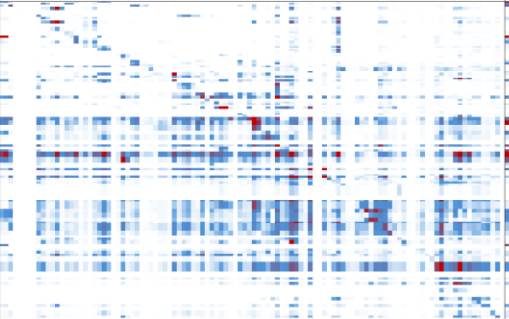
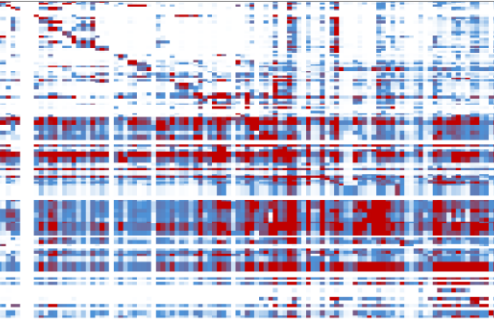
Posteriormente, se obtiene la matriz PRIOR de coeficientes a partir de la multiplicación de la matriz dada por cada técnica LQ con la matriz de distancias (sin contar la diagonal principal) y luego se multiplica por la matriz $B^d D^T$ (108×108). Finalmente, se calcula la aproximación productiva con base en el total de la producción y el peso del empleo por área funcional, para luego multiplicar por la matriz PRIOR de coeficientes y dar como resultado, la matriz PRIOR de flujos sobre la que se aplicará el enfoque Path-RAS.

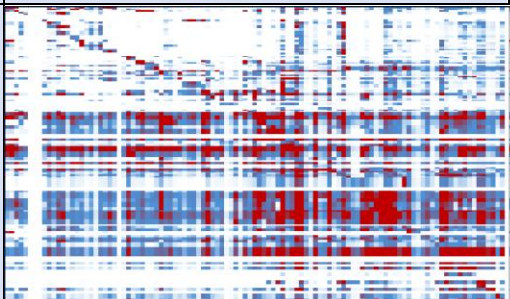
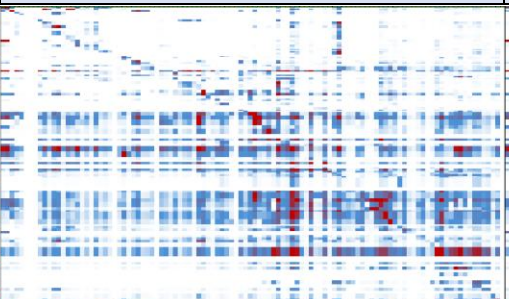
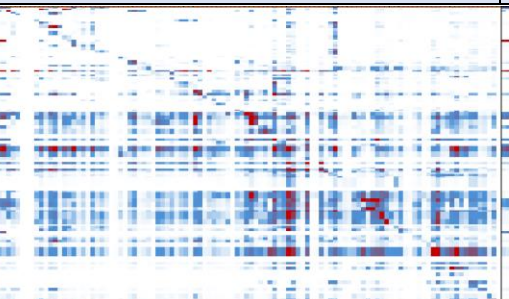
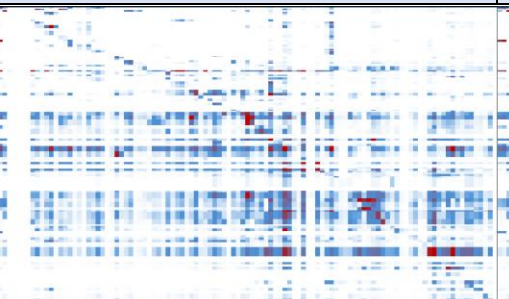
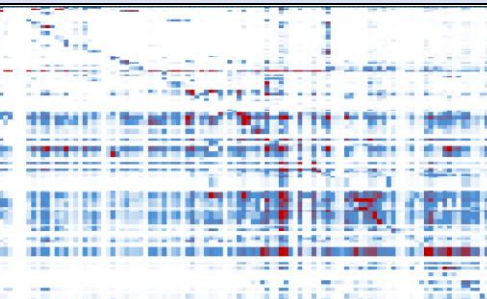
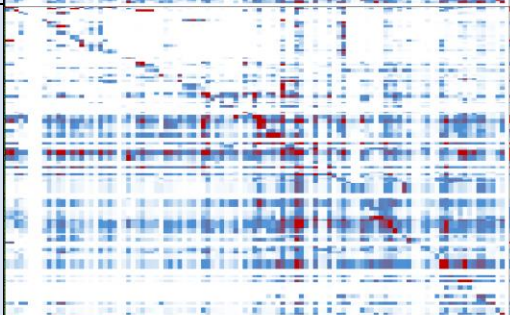
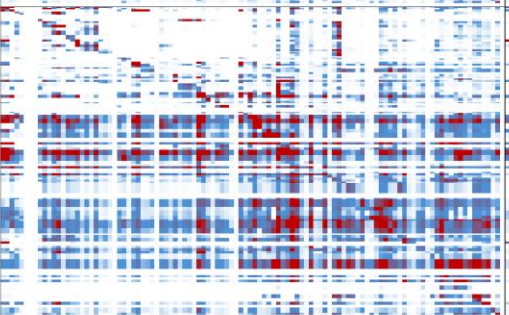
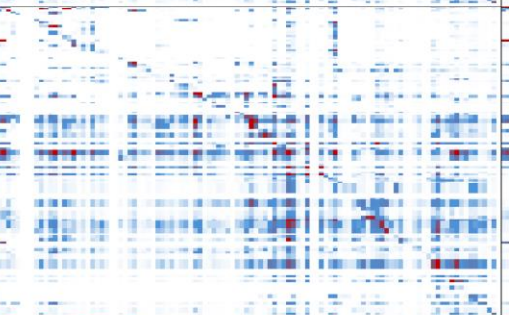
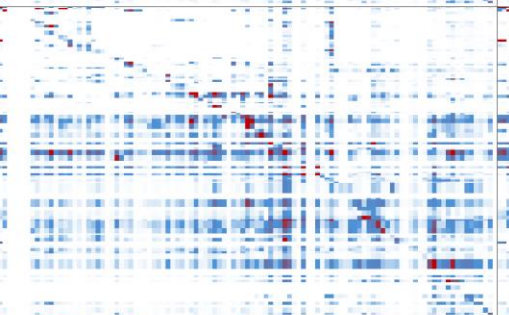
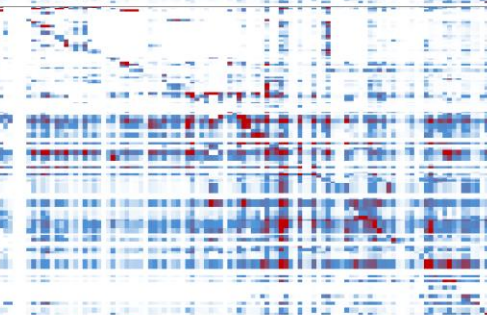
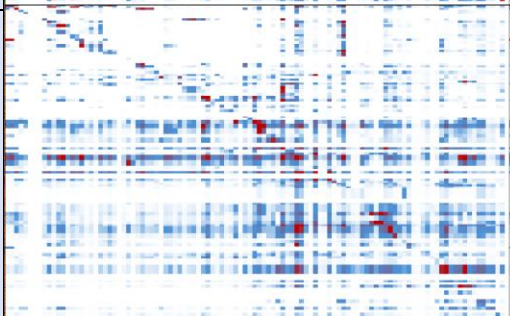
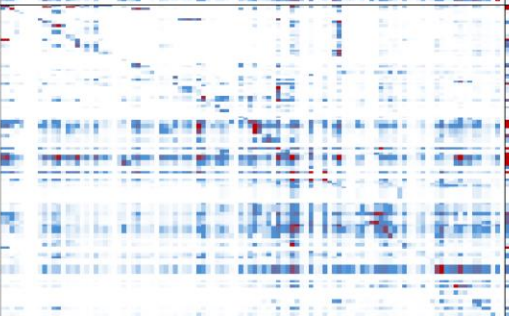
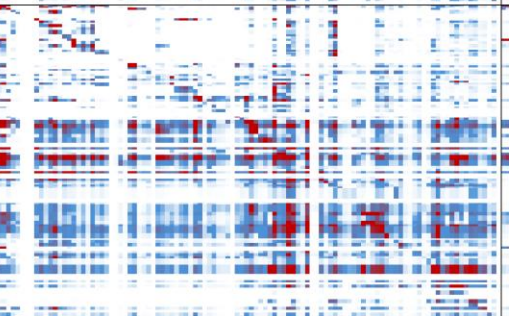
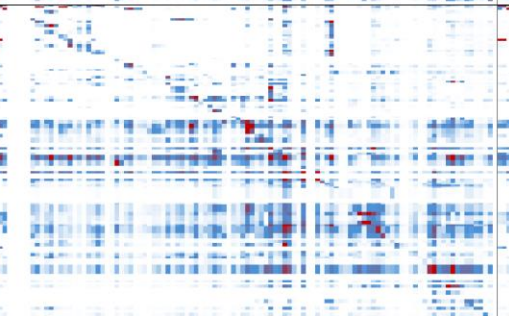
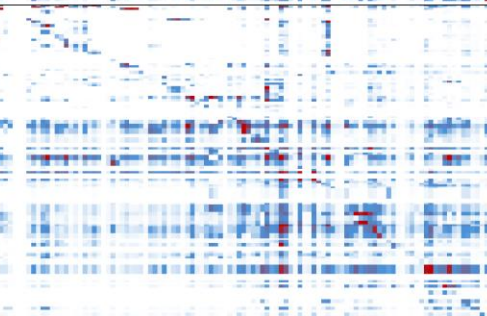
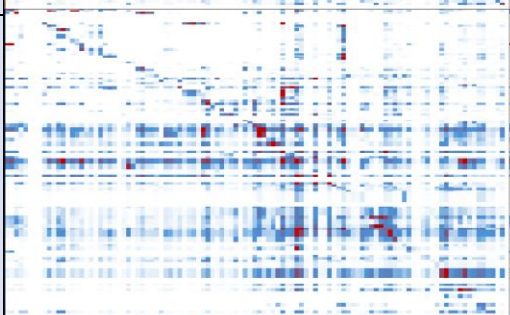
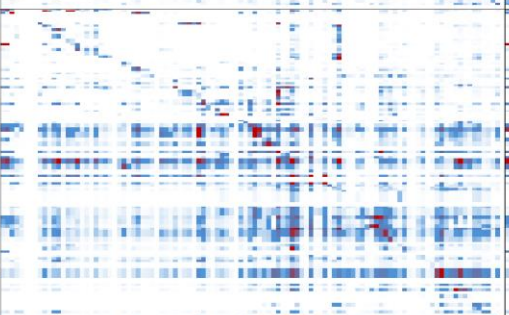
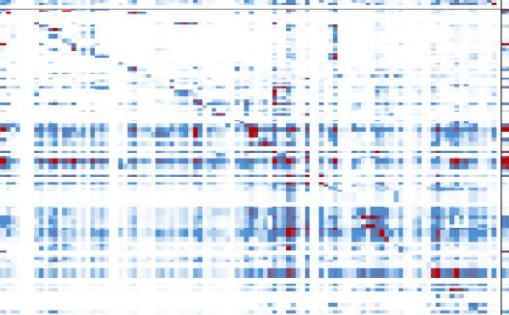
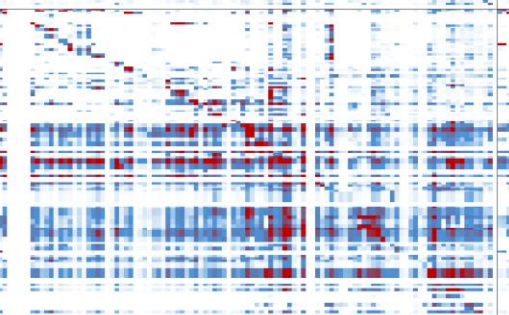
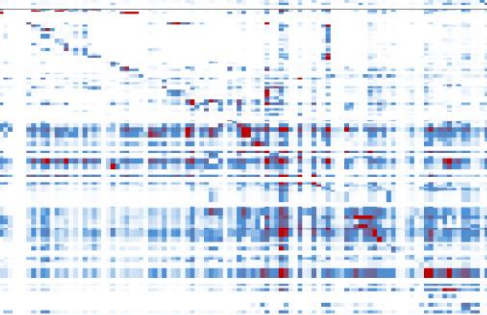
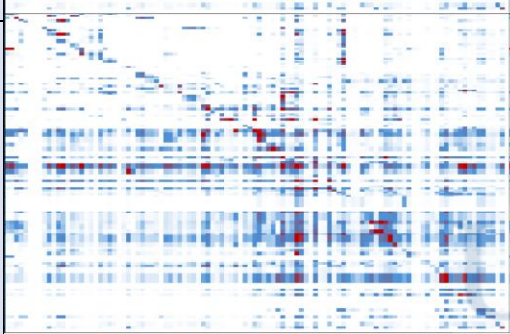
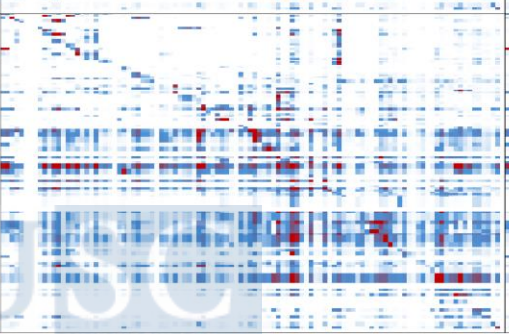
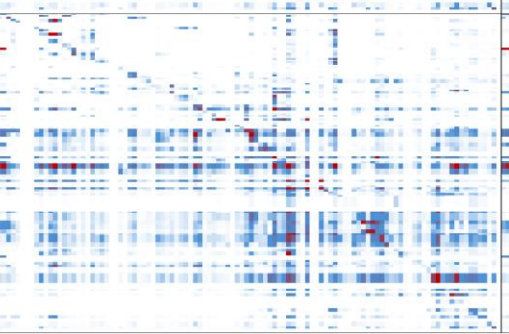
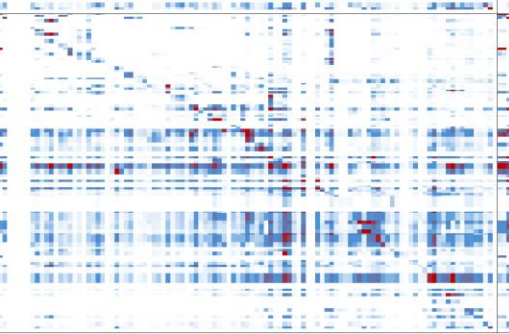
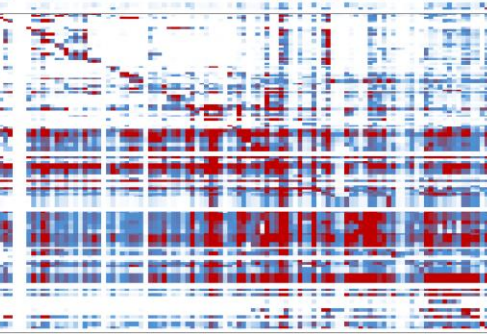
Las siguientes figuras corresponden al mapa de calor de la matriz PRIOR de flujos para cada técnica LQ.

Figura 19. Mapas de calor de la matriz PRIOR para cada técnica LQ



Matriz PRIOR para cada LQ CILQ	CO (A Coruña)	SA (Santiago)	LU (Lugo)	OU (Ourense)	VI (Vigo)
CO (A Coruña)					
SA (Santiago)					
LU (Lugo)					
OU (Ourense)					
VI (Vigo)					

Matriz PRIOR para cada LQ FLQ	CO (A Coruña)	SA (Santiago)	LU (Lugo)	OU (Ourense)	VI (Vigo)
CO (A Coruña)					
SA (Santiago)					
LU (Lugo)					
OU (Ourense)					
VI (Vigo)					

Matriz PRIOR para cada LQ 2D-LQ	CO (A Coruña)	SA (Santiago)	LU (Lugo)	OU (Ourense)	VI (Vigo)
CO (A Coruña)					
SA (Santiago)					
LU (Lugo)					
OU (Ourense)					
VI (Vigo)					



Los mapas de calor se representan en tres colores: blanco, azul y rojo. El blanco corresponde a los valores más bajos, el azul y sus degradados, a los flujos medios; y el rojo, a los valores más fuertes.

Se aprecia que en los mapas de calor correspondientes a las técnicas SLQ y CILQ existe una mayor concentración de los datos en la diagonal principal. Aunque se presenta cierta dispersión, especialmente en el CILQ, la fuerza mayor en los datos, la posee la relación de cada área funcional consigo misma. Situación que será determinante al momento de querer dar respuesta al problema de la medición del cross-hauling.

A diferencia del resultado anterior, el cuadro matricial dado por las técnicas FLQ y 2D-LQ posee un mayor nivel de dispersión facilitando el reconocimiento del comercio interregional, en este caso, a nivel local sobre las cinco áreas funcionales trabajadas.

Haciendo un análisis producto a producto y por área funcional, se comprueba igualmente que aquellos bienes y/o servicios sobre los que se mencionó mayor representación por área funcional en el ejercicio de los centros de gravedad de producción, son los que, por lo general, poseen mayor relación comercial con las restantes áreas. Por ejemplo, el Refino de petróleo es uno de los productos más representativos de A Coruña; este bien, refleja una línea horizontal más fuerte en sus colores en comparación con otros bienes, en las diferentes áreas funcionales. La estructura visual da cuenta de la relación comercial que posee A Coruña, según las diferentes actividades económicas que posee, con el resto de las áreas funcionales; siendo igual para Santiago, Lugo, Ourense y Vigo.

4.5 ENFOQUE PATH-RAS PARA LA RESTRICCIÓN MATRICIAL

Finalizado el análisis de los resultados de la matriz PRIOR de flujos, se procede al desarrollo de las iteraciones mediante la adaptación del Path- RAS para cada técnica LQ. Lo que se busca es cumplir con la restricción de la matriz regional a desagregar y las condiciones de producción y demanda final, que aseguren la significancia económica de los datos finales.

Sobre la matriz PRIOR de flujos se calcula la demanda intermedia estimada que corresponde al mismo total de los consumos intermedios totales a precios básicos de la matriz de destino de Galicia. En cada iteración realizada, se reequilibra la demanda final

por filas y la producción total por columnas, generando un grado más fuerte en la restricción cuando se presentan nuevos cambios en la matriz PRIOR iterada desde el enfoque Path-RAS. El proceso iterativo finaliza con una demanda final sin valores negativos.

La siguiente tabla muestra el comportamiento de la demanda final al inicio de cada iteración y transformación matricial según el valor mínimo del total de los 108 productos por las cinco áreas funcionales.

Tabla 3. Valores negativos en la demanda final bajo las iteraciones del Path-RAS

LQ	DF estimada (0)	DF estimada (1)	DF estimada (2)	DF estimada (3)
SLQ	- 159.850,50	- 34.003,59	- 5.458,65	0
CILQ	- 49.431,72	- 14.679,05	- 1.986,73	0
FLQ	- 56.236,41	- 19.041,59	- 1.551,87	0
2D-LQ	- 161.546,53	- 36.005,25	0	0

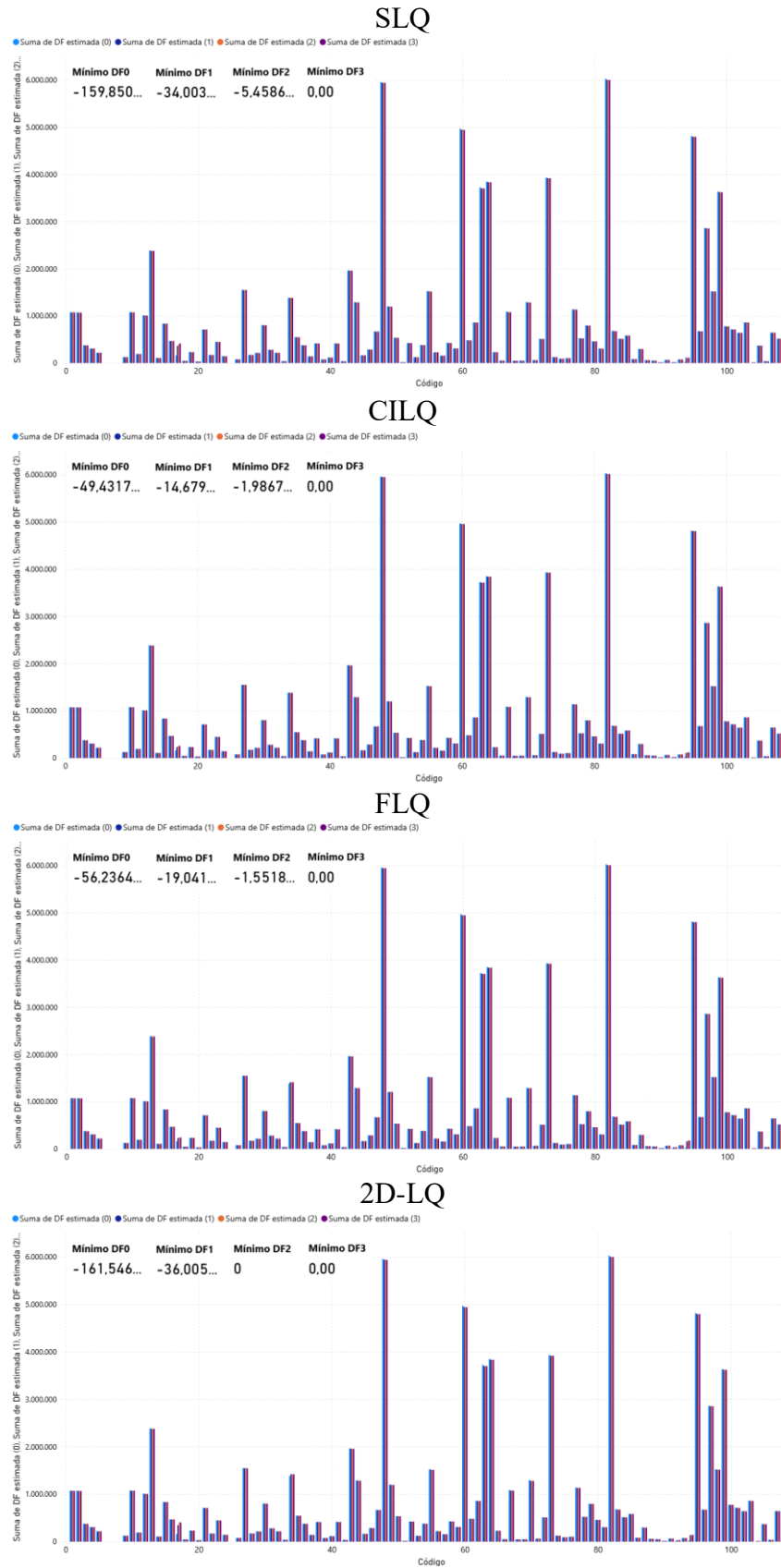
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados manifiestan una demanda final *DF estimada (0)* con las que se comienzan las iteraciones, mayor en el 2D-LQ que en el resto de las técnicas (-161.546,53); sin embargo, al momento de revisar la velocidad de la convergencia a cero de la demanda de cada producto afectado por cifras negativas por área funcional, se evidencia una mayor rapidez en el 2D-LQ. Este no es un hecho que posea mucha importancia al momento de definir la técnica sobre la cual se desea aplicar; no obstante, reconocer que existe una facilidad para la presentación de una demanda final con significancia económica, sobre la que no se requiere mayores rectificaciones y procesos iterativos, resulta práctico en un escenario con un gran volumen de datos.

A continuación, se presentan las gráficas de la demanda final por producto según el total de las áreas funcionales. Se resalta la diferencia mínima en cada reequilibrio y nuevo proceso iterativo. A detalle, los productos con mayor participación sobre el total tienden a disminuir, mientras que los de menor valor suben, dando volumen a los que poseen resultados negativos y llevando estos últimos, a resultado cero.

Cada técnica LQ empleada presenta desviaciones mínimas frente a la base general, lo que revela la congruencia de los resultados.

Figura 20. Variaciones de la demanda final por cada proceso iterativo Path-RAS



Fuente: Elaboración propia.

De forma simultánea, se cuantifica el STPD para medir la similitud de la matriz PRIOR de flujos con las matrices estimadas a escala local. Los resultados indican que los cambios son mínimos para las cuatro “semillas matriciales” dadas por las técnicas LQ.

Tabla 4. Resultados del estadístico STPD

TÉCNICA LQ	SLQ	CILQ	FLQ	2D-LQ
STPD (%)	3,14	1,08	1,65	2,07

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 presenta los resultados del estadístico, en la comparación de la matriz PRIOR de flujos con la solución final regional, para cada una de las técnicas LQ. Cuanto más pequeño es el valor, mayor es la similitud de las matrices. Aunque no existe un dato universalmente aceptable o rechazable, algunas referencias mencionan que un STPD por debajo del 10%, representa una semejanza favorable (Aroche- Reyes et al., 2001; Bonfiglio & Chelli, 2008; Lahr & de Mesnard, 2004). Para el ejercicio de aplicación sobre el cuál se trabajó cada técnica, la similitud entre las matrices es aceptable.

Es importante tener presente que, cualquier posible error de estimación a través de las técnicas LQ, difícilmente se podría reconducir a partir del proceso de optimización que respete las restricciones dadas por la matriz a desagregar. En este caso de estudio, el refinamiento del enfoque Path-RAS apenas altera las estructuras matriciales, por lo que en la construcción de MRIO es deseable evitar las incongruencias entre datos.

4.6 MÉTODO CHARM PARA LA BÚSQUEDA DEL CROSS-HAULING

Una vez asegurada la significancia económica de la regionalización de los marcos IO contables, se procede con la aplicación del método CHARM para la identificación del cross-hauling de las diferentes áreas funcionales y las técnicas LQ usadas.

Adoptar una postura radical respecto a que el comercio interregional solo viene dado por diferencias en la producción y/o la demanda, lleva por lo general, a una sobreestimación en el flujo de comercio neto entre regiones.

El cross-hauling en el comercio interregional, como se mencionó en el capítulo metodológico, hace referencia a la importación y exportación del mismo producto, existiendo ligeras variaciones en características específicas del bien (Anagnostou & Gajewski, 2021; Kronenberg, 2009; Miller & Blair, 2009; Robison & Miller, 1988; Többen & Kronenberg, 2015; Tohmo, 2014). A partir de esta definición, Harris & Liu (1998) mencionaron por primera vez que la heterogeneidad de los productos es la principal causante del cross-hauling. Este término menciona que los productos clasificados en una misma categoría no son necesariamente iguales. La diferencia puede presentarse de acuerdo con la calidad, la marca, la tecnología, el origen y el uso, entre otros.

El cross-hauling es un fenómeno común que se materializa, a grandes rasgos, por regiones con estructuras productivas similares, la posible falta de una especialización industrial completa o simplemente por las preferencias del consumidor, las diferenciaciones del producto y/o razones logísticas (Krugman & Obstfeld, 2009). Un ejemplo claro se evidencia, cuando el área funcional de A Coruña envía a Santiago de Compostela productos agrícolas y a su vez recibe de esta, productos agrícolas pertenecientes a la misma categoría.

Dentro de las ventajas del cross-hauling, se encuentra la visualización de un comercio interregional más integrado, con estructuras productivas complementarias y una demanda más exigente. Sin embargo, es difícil de cuantificar, y si no se estima correctamente, puede infravalorar el comercio interregional o sobrestimar los multiplicadores de producción regional (Anagnostou & Gajewski, 2021; Tohmo, 2014). En síntesis, el cross-hauling afecta los coeficientes técnicos y, por ende, los resultados de las matrices interindustriales. Ignorar este aspecto puede subestimar la interdependencia regional y llevar a datos poco congruentes con la realidad económica de cada región.

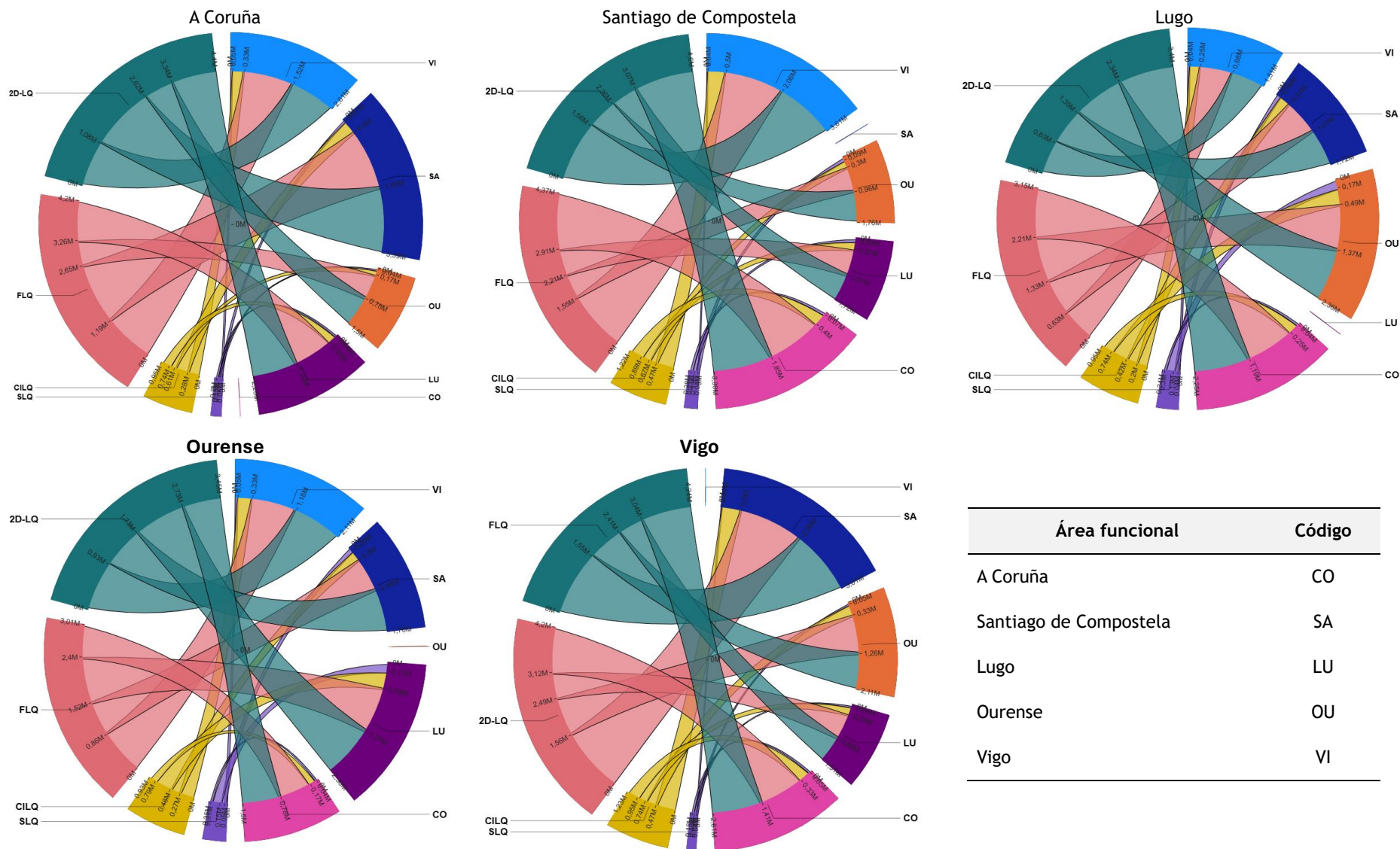
Para la cuantificación del cross-hauling, Norcliffe (1983) señaló que los métodos base LQ (SLQ y CILQ) en el comercio interregional subestiman la relación comercial entre productos heterogéneos dando resultados poco efectivos. Kronenberg (2009) fue

pionero en la atención al fenómeno del cross-hauling con el método CHARM, que compara el volumen total de comercio con la diferencia neta entre exportaciones e importaciones, facilitando la estimación del comercio de un mismo bien entre regiones (Anagnostou & Gajewski, 2021; Flegg & Tohmo, 2013; Kronenberg, 2009; Tohmo, 2014). En este ejercicio es fundamental que las estimaciones de las importaciones y exportaciones presenten congruencia con la producción.

Una vez desagregada la tabla IO de Galicia a escala local, bajo las cinco áreas funcionales establecidas y las técnicas LQ comparadas, se realiza el método CHARM para la cuantificación del cross-hauling. Los resultados evidencian que, mientras el SLQ y el CILQ, apenas muestran una relación comercial de los mismos productos entre áreas, el FLQ y 2D-LQ, manifiestan una fuerza mayor del cross-hauling en el comercio interregional, aportando valores más altos el 2D-LQ.

Las siguientes figuras reflejan el volumen acumulado del cross-hauling que posee cada método LQ (a la izquierda de la circunferencia), en la relación de cada área funcional con el resto de las áreas (a la derecha de la circunferencia).

Figura 21. Comparación del cross-hauling para cada LQ según el área funcional y su relación con las demás áreas funcionales

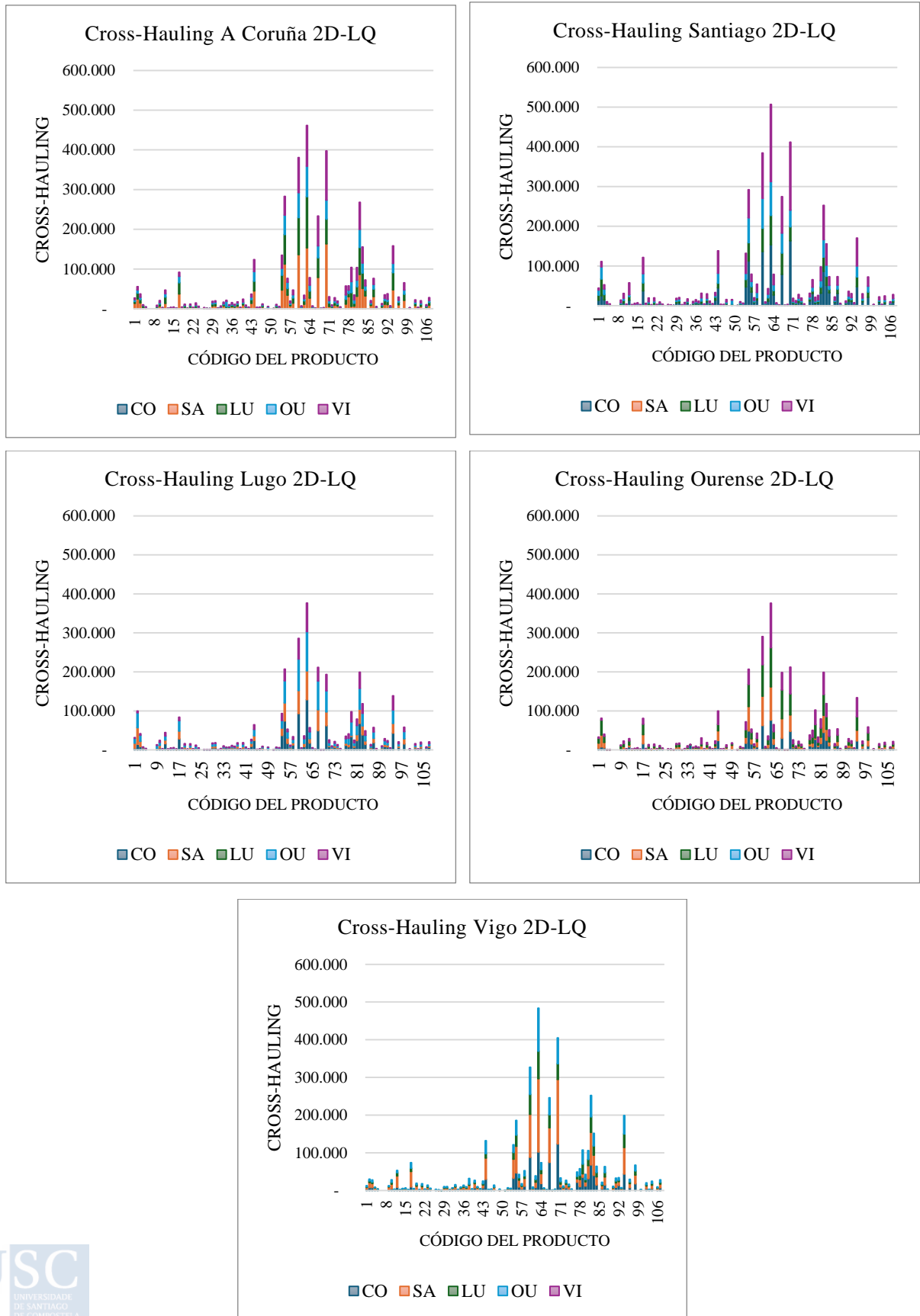


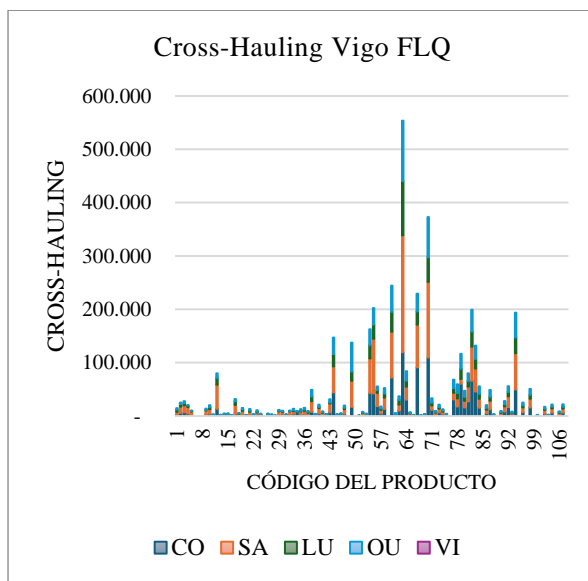
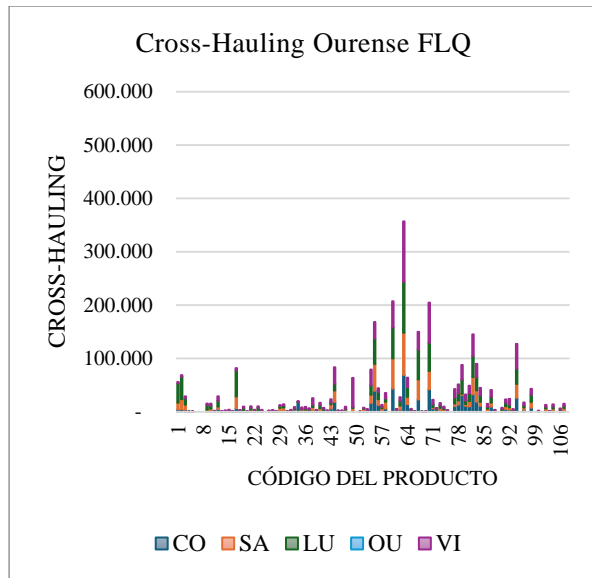
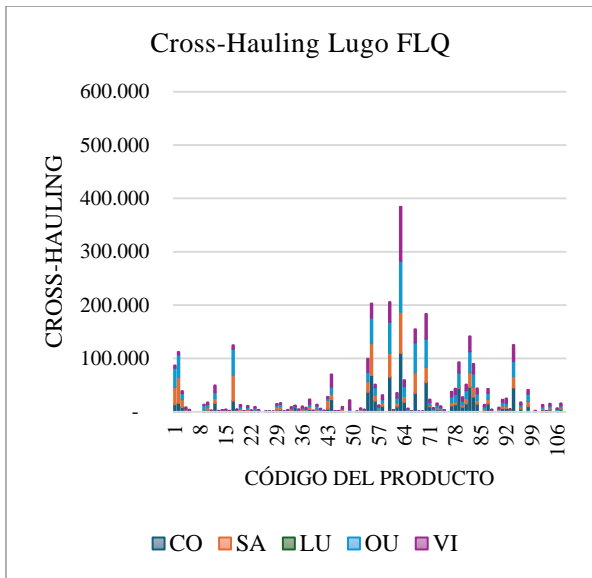
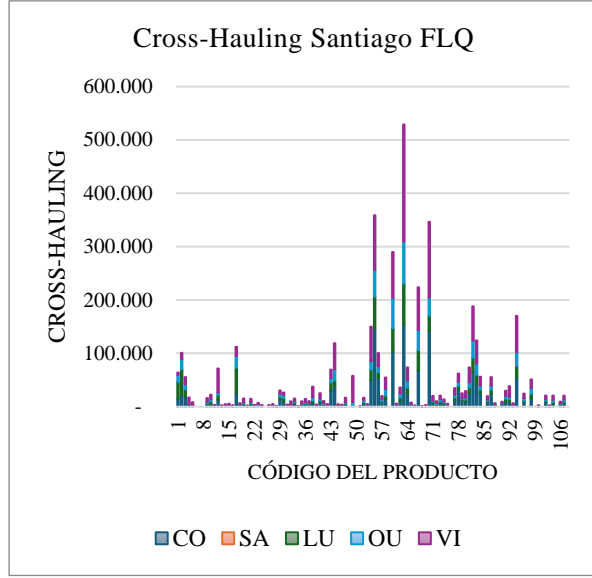
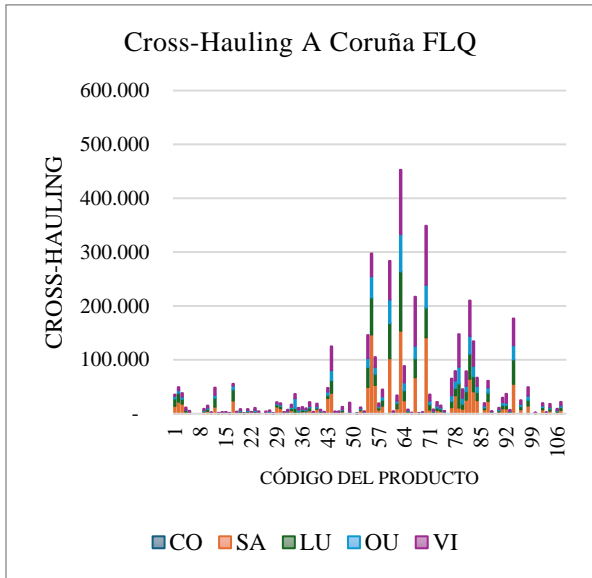
La Figura 21 apenas evidencia el cross-hauling en el SLQ, seguido de una proporción mayor en el CILQ, aunque igualmente inferior. El FLQ, por el contrario, manifiesta una relación comercial fuerte entre los mismos productos por área funcional, pero el 2D-LQ, resaltado en color verde, aún estima una mayor proporción que el resto de los métodos.

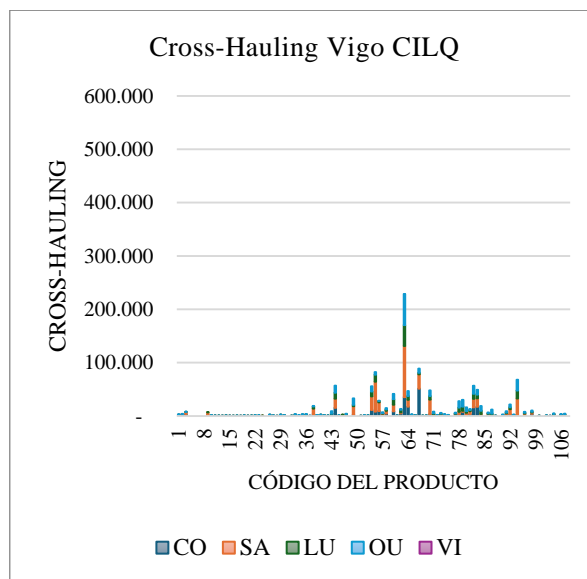
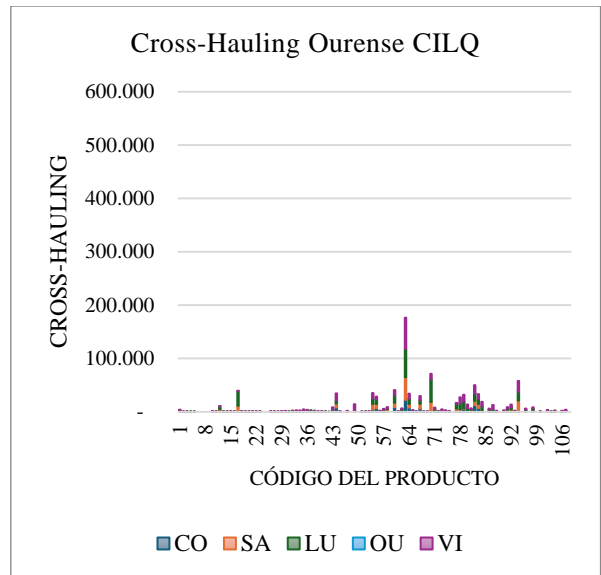
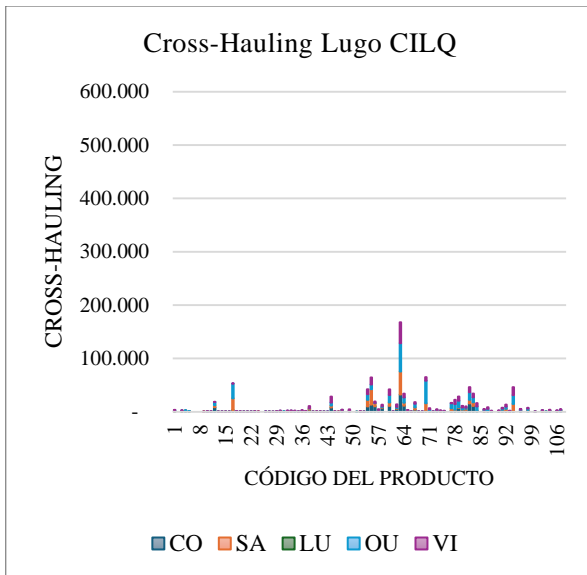
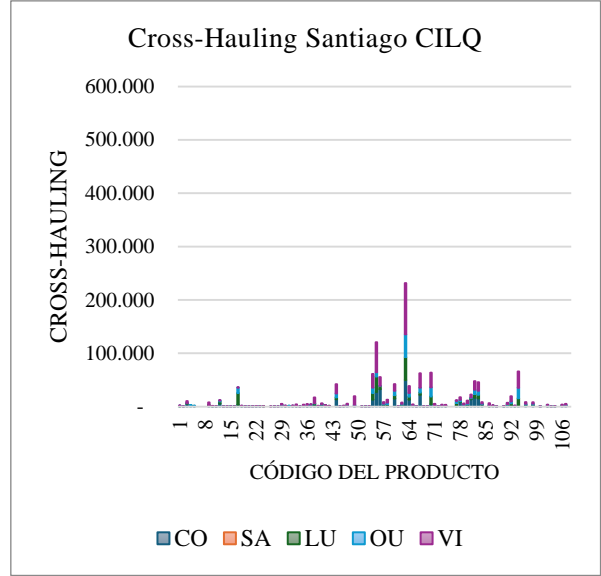
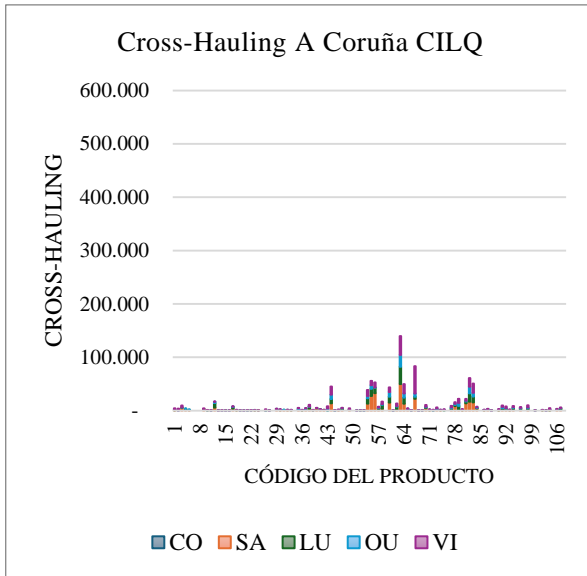
Por otro lado, los datos acumulados reflejan una mayor participación del cross-hauling entre ciertas áreas funcionales como es el caso de A Coruña con Santiago de Compostela. Este último, posee igualmente una relación interregional de la misma tipología productiva con Vigo. Lugo, por el contrario, posee una mayor relación con Ourense y A Coruña. Para Ourense la relación más fuerte está con Lugo y Vigo; y este último, con Santiago y A Coruña respectivamente. Las relaciones más representativas entre áreas funcionales parten, no solo de la capacidad productiva y la cercanía geográfica, en otras ocasiones, se presentan por condiciones como la calidad del producto de un área productora y la relación de economía del mismo producto en otra área. Por ejemplo, siendo As Rías Baixas una zona que está comprendida básicamente en el área funcional de Vigo, el lugar que produce uno de los mejores vinos de Galicia (el Albariño), esta misma área se encarga de importar vino de otros lugares, en parte por el valor económico, pero también por la diferenciación del producto y la adquisición de variedades.

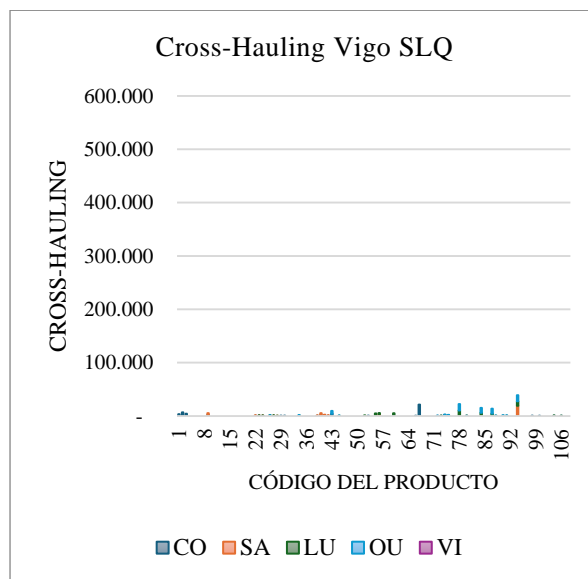
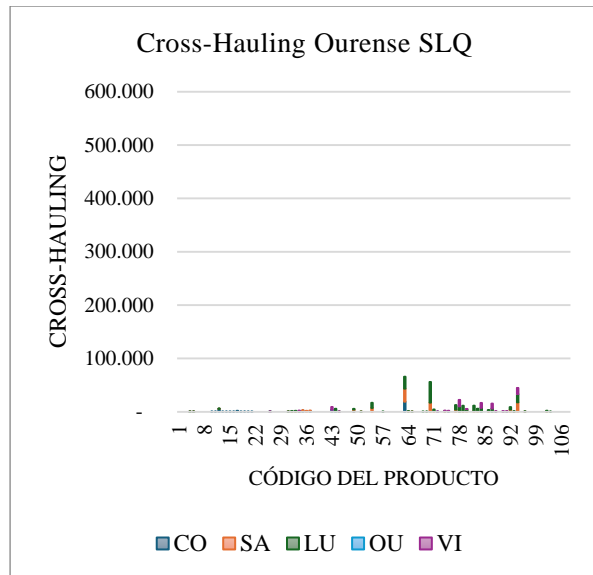
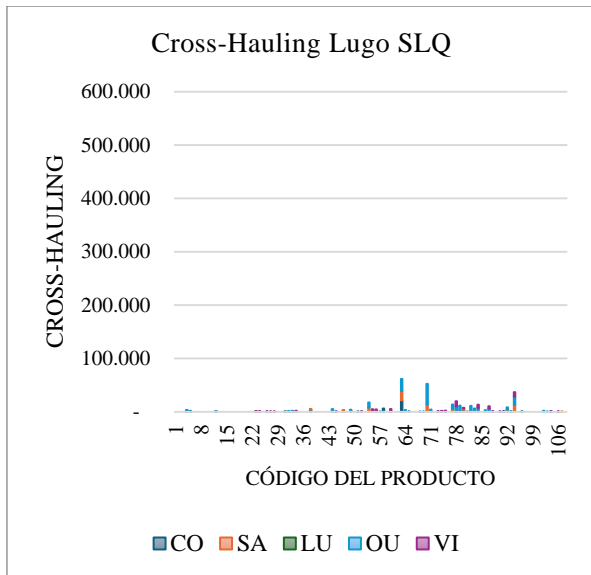
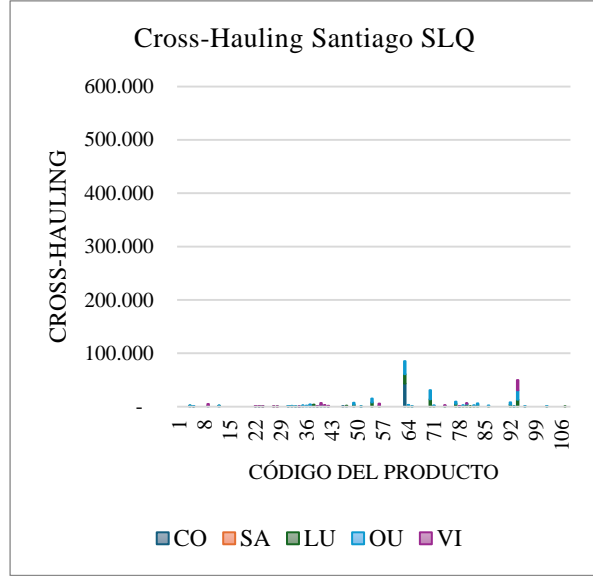
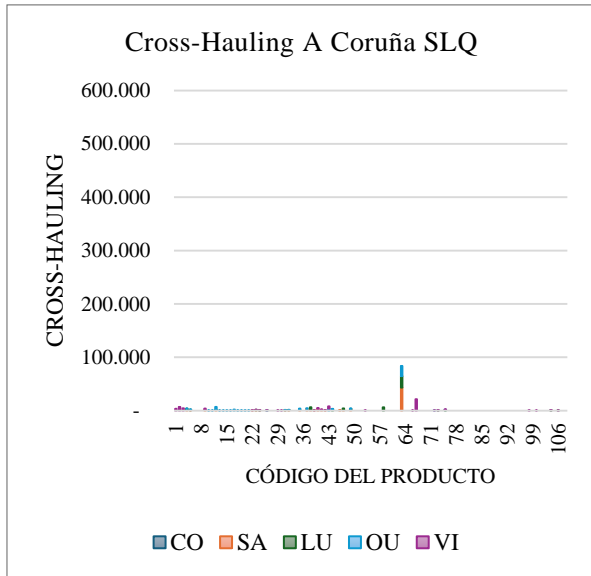
Con el objetivo de presentar un mayor detalle, a continuación, se expone la Figura 22, donde se presenta el cross-hauling por técnica LQ, área funcional y productos.

Figura 22. Cross-Hauling por LQ, área funcional y productos









Los gráficos de barras acumuladas dan cuenta de la participación de cada área funcional por producto sobre el área específicamente estudiada, favoreciendo el análisis de aquellos productos que poseen una mayor heterogeneidad. Es importante hacer hincapié en el hecho de que son 108 productos y servicios y que el cross-hauling está definido no solo para productos, sino también para los servicios que pueden ser generados en el área de estudio y consumidos igualmente de otras áreas funcionales. Por ejemplo, el Servicio de producción, transporte y distribución de energía eléctrica, posee uno de los pesos más representativos por producto en A Coruña, consumiendo una mayor proporción de este mismo servicio, en el área de Santiago.

4.7 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

De la misma manera que se procedió en el capítulo anterior, a continuación, se exponen las conclusiones de la aplicación metodológica desde el punto de vista conceptual y bajo los resultados del ejercicio efectuado para Galicia y sus áreas funcionales.

Conclusiones conceptuales

- La metodología Path-Q-Plus es compatible con las tablas IO rectangulares. En general, el tratamiento matemático de la modelización económica no supone ningún impedimento, lo que conlleva a una ventaja destacable al no tener que incurrir en agregaciones.
- Establecer áreas funcionales, determinadas según el criterio de una o varias variables que permitan la uniformidad de las estructuras territoriales, posibilita que el proceso de regionalización cobre mayor valor, y facilite el análisis de los spred-effects y los efectos backwash, conceptos necesarios en el estudio interregional.
- Es fundamental la búsqueda espacial de los centros de gravedad de producción, que ayuden a reconocer la localización de actividades económicas en las áreas funcionales definidas y, sobre ello, estructurar decisiones para una derrama económica consecuente con los centros de atracción.

- La proyección espacial, como la aquí formalizada, refleja las diferencias de aplicar una técnica LQ u otra. La formulación simple tiende a concentrar los flujos en las matrices domésticas, lo que reduce el intercambio comercial entre áreas, mientras que el 2D-LQ aporta una mayor dispersión de los datos, respecto a las técnicas base.
- A partir de la metodología propuesta, se logra reconocer el cross-hauling en el comercio interregional según las áreas funcionales definidas, lo que ayuda a comprender la heterogeneidad de los productos, adicional a la fuerte conexión comercial que se maneja al interior de la región foco de estudio.
- El Path-Q-Plus es una metodología innovadora que garantiza la significancia estadística y económica de los marcos MRIO e IRIO, que son indispensables para la creación de políticas y toma de decisiones socioeconómicas a una escala subterritorial.

Conclusiones de la aplicación para Galicia

- Las cinco áreas funcionales –definidas bajo la variable ocupación– reflejaron similitud con las siete áreas sanitarias de Galicia. A pesar de que existen algunas discrepancias en las fronteras, probablemente representando los posibles efectos backwash y spred-effects que pudieron surgir en el tiempo, la relación posibilita el reconocimiento de la efectividad en la aplicación para el desarrollo de una delimitación uniforme.
- Aunque se utilizó la ocupación como única variable de delimitación, es importante resaltar la posibilidad de utilizar una o más variables diferentes a la establecida, que no solo favorece la estructuración a partir de otros criterios, sino también la oportunidad para fijar posiciones más restrictivas con vistas a asignar con mayor certeza municipios de la frontera a los polos previamente fijados.
- El criterio ocupación-empleo por actividades económicas, y sus coordenadas para la determinación de los centros de gravedad, es congruente con la dinámica económica actual de las áreas funcionales y los principales sectores productivos. Un claro ejemplo, es el servicio de Vehículos de motor ubicado en Vigo,

mostrando los municipios sobre los que más arrastre crea e, igualmente, ayuda a reconocer aspectos como la concentración de la ocupación, la migración entre localizadas, y/o el desahucio de espacios territoriales con posibilidad de ser activos económica y socialmente.

- Aunque el estudio se realizó con 108 bienes y servicios establecidos en las SUT de Galicia, se identificaron ciertas actividades de mayor tamaño en cada una de las áreas funcionales (Vigo: Vehículos de motor, Santiago de Compostela: Cinematografía y Televisión, Lugo: Productos ganaderos, entre otros) en relación con la media del resto de los productos. Sin embargo, casi todos los bienes y servicios poseen actividad económica en cada área funcional, evitando limitarse a un ejercicio de importación.
- La medición del cross-hauling a partir de la metodología Path-Q-Plus revela la fuerte conexión del comercio entre las diferentes áreas funcionales respecto a los métodos más simples, reconociendo igualmente la heterogeneidad de los bienes y servicios producidos y distribuidos por todo Galicia, independiente de la especialidad del territorio en el bien o servicio que produce. Un ejemplo es el caso del vino Albariño, encuadrado principalmente en Rías Baixas (Vigo). Aunque es un vino de calidad, no frena la importación de otro tipo de vinos, facilitando la posibilidad de elegir más de una opción por parte del consumidor.
- Adicional, el cross-hauling muestra vínculos fuertes entre las diferentes áreas funcionales, como es el caso, por ejemplo, de A Coruña con Santiago de Compostela en comparación con el resto de las áreas. Implícitamente, este tema puede ser relevante para gestionar aspectos transversales como es el caso del transporte comercial entre las diferentes áreas.

Conclusiones Generales y Futuras Investigaciones

CONCLUSIONES GENERALES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo con la sistematización bibliográfica realizada en el segundo capítulo, hasta el momento no constan muchos contrastes empíricos acerca del 2D-LQ, pero los mencionados en el apartado metodológico apuntan a un avance frente a los demás LQ. Los estudios muestran que estas técnicas son coincidentes en un aspecto: para áreas con proporciones pequeñas no aportan estimaciones fiables. Sin embargo, al concentrarse más los parámetros del 2D-LQ (α y β), en comparación con el del FLQ (δ) por ejemplo, se generan ciertas garantías en las diferentes extrapolaciones a escala subterritorial.

En cuanto a las técnicas de balanceo de matrices con restricciones, el Path-RAS se presenta como un avance metodológico dado que rompe con la dinámica estándar de los métodos tipo RAS. En concreto, es usual que los métodos de ajuste se ejecuten atendiendo a los márgenes de las matrices (previamente conocidos). En este contexto, el Path-RAS ejecuta las rectificaciones respecto a la información conocida, que para la ocasión viene dada por el marco IO contable a desagregar. El proceso iterativo aquí detallado asegura la convergencia y la significancia económica, de tal modo que la solución es compatible con los datos económicos considerados, sin necesidad de alejarse de ellos.

Se concluye igualmente desde la base teórica, que la nueva metodología innova en la solución de dificultades de sobrestimación y/o infravaloración de magnitudes económicas en contextos de regionalización. Estas dificultades son comunes en métodos como el Euro método, que se asienta sobre otros mecanismos.

La uniformidad de las estructuras territoriales es una característica importante al momento de realizar la regionalización de marcos IO contables ya que, con base en uno o varios criterios definidos para la creación de nuevas delimitaciones, es que se llegan a

conclusiones respecto a la naturalidad económica y social más reciente de cada territorio de estudio, logrando un mayor fundamento para definiciones de políticas.

Con base en las nuevas delimitaciones, identificar la espacialidad de los grados de especialización productiva aporta rigor a las estimaciones del intercambio comercial entre áreas. Adicionalmente, permite visualizar de una manera más gráfica los flujos de ocupación según las actividades económicas de mayor y menor fuerza, facilitando el análisis de flujos migratorios, medios de transporte, fuerzas productivas, necesidades de mano de obra y requerimientos educativos, entre otros.

En relación con la aplicación práctica de regionalización a escala local, se ha comprobado que el proceso iterativo apenas modifica las estructuras matriciales y vectoriales de las soluciones dadas por los LQ y los criterios de reparto anexados en base a la distancia de los centros de gravedad por producción de las distintas áreas funcionales, y otros factores como el grado de especialización sectorial y la correspondiente normalización por columnas. Aunque no se sabe si este hecho se pueda dar en otros tipos de estudios, todo apunta a que las soluciones aportadas por las técnicas LQ son decisivas para lograr soluciones congruentes. En este sentido, la consolidación de las matrices de flujos interindustriales domésticos con técnicas LQ simples no es recomendable, pues supone asumir un error de entrada que condiciona los flujos de importación/exportación de las áreas objeto de estudio. En definitiva, se considera adecuado emplear la metodología Path-Q-Plus asentada en el 2D-LQ y el enfoque Path-RAS, corrigiendo este último las posibles incongruencias encontradas por la búsqueda de los equilibrios contables.

Otra conclusión por destacar es la dinámica del cross-hauling en los IRIO aportada por la metodología Path-Q-Plus. Aquí se logra visualizar de manera clara un mayor volumen de intercambio comercial entre bienes y servicios, posiblemente heterogéneos. Esta teoría es satisfactoria bajo la dinámica regional a pequeña escala y gran escala, donde se menciona que el intercambio de bienes y servicios en espacios territoriales más pequeños es activa, constante y voluminosa, mientras que, a medida que se aumentan los espacios a comercio entre regiones y luego entre países, la dinámica de comercio es menor en ocasión a los diferentes requisitos, costos e incluso restricciones.

El Path-Q-Plus se puede concluir como una metodología innovadora e integral en el campo de los estudios interregionales, que buscan no solo transformar marcos IO contables nacionales a una escala subterritorial cada vez más pequeña, sino también exponer de una manera clara la relación comercial de los espacios territoriales foco de estudio. Este nuevo concepto metodológico pretende subsanar limitaciones de otras técnicas, atendiendo la desagregación máxima de las tablas IO, la disminución de distancias entre la matriz de referencia (PRIOR) y la matriz desagregada (solución), proporcionando la congruencia estadística, la significancia económica en la convergencia y el reconocimiento del cross-hauling en el comercio interregional.

FUTURAS INVESTIGACIONES

Siendo una metodología innovadora, se requiere de la aplicación del Path-Q-Plus en diferentes territorios para efectuar contrastes, con el fin de visualizar hasta qué punto las proyecciones matriciales son coincidentes con las matrices observadas. Por ejemplo, se puede extrapolar la investigación a España, comparando los resultados a escala subterritorial con la información disponible de las NUTS 2, siendo un reto interesante para comprobar la adaptación de la metodología Path-Q-Plus.

También es esencial contrastar las estimaciones contables ante la consideración o no de la uniformidad en las estructuras territoriales, permitiendo validar la postura respecto a la relevancia de establecer uno, o varios criterios que satisfagan los resultados y la creación de políticas de congruencia socioeconómica, respecto a la dinámica actual de los territorios.

Quedan pendientes tareas de contraste de los parámetros α y β de la metodología Path-Q-Plus en distintos escenarios: supranacional, nacional, regional y subregional. Sin embargo, todo indica que se debe recurrir a esta técnica, para no asumir errores en la consolidación de submatrices antes de los procesos de ajuste tipo RAS.

Por último, resulta de interés investigativo:



- Desarrollar la metodología Path-Q-Plus para los demás años de los marcos contables IO expuestos en Galicia, con el fin de evidenciar cambios

estructurales, según el criterio multivariable que se defina, para determinar las áreas funcionales.

- Combinar la metodología Path-Q-Plus con otros datos como los flujos de transporte, flujos migratorios, entre otros.
- Comprobar cuales es el nivel mínimo de desagregación contable y como enlazar las cuentas económicas con otro tipo de variables que son de preocupación social, tales como la movilidad o los servicios sanitarios, entre otros.
- Incorporar la desagregación temporal para abordar la estacionalización de ciertos bienes y/o servicios foco de estudio, permitiendo así un trabajo a tres dimensiones.

General Conclusions and Future Research

GENERAL CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH

CONCLUSIONS

According to the bibliographic systematization carried out in the second chapter, so far there are not many empirical contrasts about the 2D-LQ, but those mentioned in the methodological section point to an advance compared to the other LQs. The studies show that these techniques coincide in one aspect: for areas with small proportions they do not provide reliable estimates. However, as the 2D-LQ parameters (α and β) are more concentrated, compared to that of the FLQ (δ) for example, certain guarantees are generated in the different extrapolations at the subterritorial scale.

As for matrix balancing techniques with constraints, Path-RAS is presented as a methodological advance since it breaks with the standard dynamics of RAS-type methods. In particular, it is usual that the adjustment methods are executed according to the margins of the matrices (previously known). In this context, Path-RAS executes the rectifications with respect to the known information, which for the occasion is given by the accounting IO framework to be disaggregated. The iterative process detailed here ensures convergence and economic significance, so that the solution is compatible with the economic data considered, without the need to depart from them.

It is also concluded from the theoretical basis that the new methodology innovates in the solution of difficulties of overestimation and/or underestimation of economic magnitudes in regionalization contexts. These difficulties are common in methods such as the Euro method, which is based on other mechanisms.

The uniformity of territorial structures is an important characteristic when carrying out the regionalization of accounting IO frameworks since, based on one or several criteria defined for the creation of new delimitations, conclusions are reached regarding the most

recent economic and social naturalness of each territory under study, thus achieving a better basis for policy definitions.

Based on the new delimitations, identifying the spatiality of the degrees of productive specialization provides rigor to the estimates of trade exchange between areas. In addition, it allows for a more graphic visualization of occupational flows according to the economic activities of greater and lesser strength, facilitating the analysis of migratory flows, means of transportation, productive forces, labor needs and educational requirements, among others.

In relation to the practical application of regionalization at the local scale, it has been found that the iterative process hardly modifies the matrix and vector structures of the solutions provided by the LQ and the apportionment criteria appended based on the distance of the centers of gravity by production of the different functional areas, and other factors such as the degree of sector specialization and the corresponding normalization by columns. Although it is not known whether this is true for other types of studies, everything points to the fact that the solutions provided by LQ techniques are decisive in achieving congruent solutions. In this sense, the consolidation of domestic inter-industry flow matrices with simple LQ techniques is not advisable, since it implies assuming an input error that conditions the import/export flows of the areas under study. In short, it is considered appropriate to use the Path-Q-Plus methodology based on 2D-LQ and the Path-RAS approach, the latter correcting the possible inconsistencies found in the search for accounting equilibria.

Another conclusion to be highlighted is the cross-hauling dynamics in the IRIOs provided by the Path-Q-Plus methodology. Here it is possible to clearly visualize a greater volume of trade exchange between goods and services, possibly heterogeneous. This theory is satisfactory under small-scale and large-scale regional dynamics, where it is mentioned that the exchange of goods and services in smaller territorial spaces is active, constant and voluminous, whereas, as the spaces for trade between regions and then between countries increase, the trade dynamics is lower due to different requirements, costs and even restrictions.

Path-Q-Plus can be concluded as an innovative and comprehensive methodology in the field of interregional studies, which aims not only to transform national IO accounting frameworks to a smaller and smaller sub-territorial scale, but also to expose in a clear way the trade relationship of the territorial spaces that are the focus of study. This new methodological concept aims to overcome the limitations of other techniques, addressing the maximum disaggregation of the IO tables, the reduction of distances between the reference matrix (PRIOR) and the disaggregated matrix (solution), providing statistical congruence, economic significance in convergence and recognition of cross-hauling in interregional trade.

FUTURE RESEARCH

Being an innovative methodology, the application of Path-Q-Plus in different territories is required to carry out contrasts, in order to visualize to what extent the matrix projections are coincident with the observed matrices. For example, it is possible to extrapolate the research to Spain, comparing the results at the sub-territorial scale with the information available for the NUTS 2, being an interesting challenge to test the adaptation of the Path-Q-Plus methodology.

It is also essential to contrast the accounting estimates before the consideration or not of uniformity in the territorial structures, allowing to validate the position regarding the relevance of establishing one or several criteria that satisfy the results and the creation of socioeconomic congruence policies, with respect to the current dynamics of the territories.

Work remains to be done to contrast the α and β parameters of the Path-Q-Plus methodology in different scenarios: supranational, national, regional and subregional. However, everything indicates that this technique should be resorted to, so as not to assume errors in the consolidation of sub-matrices before the RAS-type adjustment processes.

Finally, it is of research interest:



- To develop the Path-Q-Plus methodology for the other years of the IO accounting frameworks exposed in Galicia, in order to evidence structural

changes, according to the multivariable criterion to be defined, to determine the functional areas.

- Combine the Path-Q-Plus methodology with other data such as transport flows, migratory flows, among others.
- Check what is the minimum level of accounting disaggregation and how to link economic accounts with other variables of social concern, such as mobility or health services, among others.
- Incorporate temporal disaggregation to address the seasonal nature of certain goods and/or services that are the focus of the study, thus allowing a three-dimensional work.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- Adusei, F. Y., Akowuah, Y. A., Ackah, F. K., Crowder, L. Van, Nyamah, E. Y., & Zahed, M. M. L. (2001). A Questão Regional e as Políticas Governamentais no Brasil. *RePEc: Research Papers in Economics*, 2(1). <https://doi.org/10.20935/ACADENVSCI7601>
- Allen, R. I. G., & Lecomber, J. R. C. (1975). *Estimating and Projecting Input-Output Coefficients*. Cambridge University Press.
- Anagnostou, A., & Gajewski, P. (2021). Multi-Regional Input-Output Tables for Macroeconomic Simulations in Poland's Regions. *Economies*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/ECONOMIES9040143>
- Aroche-Reyes, F., Beyers, W., Bon, R., Casler, S., & Cella, G. (2001). *Input-Output Analysis: Frontiers and Extensions* (M. Lahr & E. Dietzenbacher, Ed). Palgrave Macmillan London.
- Batten, D., & Martellato, D. (1985). Classical versus Modern Approaches to Interregional Input-Output Analysis. *The Annals of Regional Science*, 19(3), 1–15. <https://doi.org/10.1007/BF01294827>
- Boisier, S. (1999). Teorías y Metáforas sobre Desarrollo Territorial. *Revista de la CEPAL*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/2189>
- Boisier, S. (2000). El Desarrollo Territorial a partir de la Construcción de Capital Sinérgico. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 2, 39. <https://doi.org/10.22296/2317-1529.2000N2P39>
- Boisier, S. (2005). ¿Hay Espacio para el Desarrollo Local en la Globalización? *Revista de la CEPAL*, (86), 47–62. <https://doi.org/10.18356/8A88036D-ES>
- Bonet-Morón, J., Ricciulli-Marín, D., Pérez-Valbuena, G. J., Galvis-Aponte, L. A., Haddad, E. A., Araújo, I. F., & Perobelli, F. S. (2020). Regional economic impact of COVID-19 in Colombia: An Input-Output Approach. *Regional Science Policy and Practice*, 12(6), 1123–1150. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12320>

- Bonfiglio, A., & Chelli, F. (2008). Assessing the Behaviour of Non-Survey Methods for Constructing Regional Input–Output Tables through a Monte Carlo Simulation. *Economic Systems Research*, 20(3), 243–258. <https://doi.org/10.1080/09535310802344315>
- Brida, J. G., Sebastián Pereyra, J., Jesús, M., Devesa, S., & Aguirre, S. Z. (2008). La contribución del turismo al crecimiento económico. *Cuadernos de Turismo*, 22(22), 35–46. <https://revistas.um.es/turismo/article/view/47931>
- Buendía Azorín, J. D., Martínez Alpañez, R., & Sánchez de la Vega, M. del M. (2022). A New Proposal to Model Regional Input-Output Structures Using Location Quotients. An Application to Korean and Spanish Regions. *Papers in Regional Science*, 101(5), 1219–1237. <https://doi.org/10.1111/PIRS.12692>
- Buzai, G. D. (2016). *Sistemas de Información Geográfica: Cartografía Temática y Análisis Espacial*.
- Buzai, G. D., & Baxendale, C. A. (2015). Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica Marco Conceptual Basado en la Teoría de la Geografía. *Ciencias Espaciales*, 8(2), 391–408. <https://doi.org/10.5377/CE.V8I2.2089>
- Cadarso, M. Á., Gómez, N., López, L. A., Tobarra, M. Á., & Zafrilla, J. E. (2015). Quantifying Spanish Tourism’s Carbon Footprint: The Contributions of Residents and Visitors: A Longitudinal Study. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(6), 922–946. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1008497>
- Cadarso, M., Gómez, N., López, L. A., & Tobarra, M. (2016). Calculating Tourism’s Carbon Footprint: Measuring the Impact of Investments. *Journal of Cleaner Production*, 111, 529–537. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.09.019>
- Caggiani, L., Ottomanelli, M., & Dell’Orco, M. (2014). Handling Uncertainty in Multi Regional Input-Output Models by Entropy Maximization and Fuzzy Programming. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 71, 159–172. <https://doi.org/10.1016/J.TRE.2014.09.006>
- Carrascal Incera, A., & Fernández, M. F. (2015). Tourism And Income Distribution: Evidence from a Developed Regional Economy. *Tourism Management*, 48, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.10.016>

- Cavalcanti, J. E. A. (2001). Income Distributive Effects in the Brazilian Economy. *Economic Systems Research*, 13(3), 275–287. <https://doi.org/10.1080/09537320120070158>
- Czamanski, S., & Malizia, E. E. (1969). Applicability And Limitations in the Use of National Input-Output Tables for Regional Studies. *Papers in Regional Science*, 23(1), 65–78. <https://doi.org/10.1111/J.1435-5597.1969.TB01400.X>
- de la Torre Cuevas, F. (2023). Expanding Hybrid Approaches to Construct (Inter)Regional Input-Output Models [Tesis doctoral, Universidade de Santiago de Compostela]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/377355974_Expanding_hybrid_approaches_to_construct_interregional_input-output_models.
- Dickinson, R. E. (1976). *Regional Concept: The Anglo-American Leaders*. Routledge & K. Paul.
- do Val Simardi Beraldo Souza, T., Thapa, B., Rodrigues, C. G. de O., & Imori, D. (2021). Economic Impacts of Tourism in Protected Areas of Brazil. *Living on the Edge*, 31–45. Routledge.
- European Union (2013). *European system of accounts: ESA 2010*.
- European Union (2021). *Programa POCTEFA*. Recuperado el 21 de abril de 2025, de <https://www.poctefa.eu/programa/>
- EUROSTAT (2008). *European Manual of Supply, Use and Input-Output Tables. Methodologies and Working Papers*. Office for Official Publications of the European Communities. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5887289/KS-RA-07-013-EN.PDF>
- Fabra, J., & Tamames, R. (1970). Los Centros de Gravedad de la Economía Española. *Revista Española de La Opinión Pública*, 19, 322. <https://doi.org/10.2307/40181309>
- Faturay, F., Vunnava, V. S. G., Lenzen, M., & Singh, S. (2020). Using a New USA Multi-Region Input Output (MRIO) Model for Assessing Economic and Energy Impacts of Wind Energy Expansion in USA. *Applied Energy*, 261, 114141. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2019.114141>

- Fienberg, S. E. (1970). An Iterative Procedure for Estimation in Contingency Tables. *The Annals of Mathematical Statistics*, 41(3), 907–917. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177696968>
- Flegg, A. T., Huang, Y., & Tohmo, T. (2013). Cross-hauling and Regional Input-Output Tables: The Case of the Province of Hubei, China. *Working Papers*. <https://ideas.repec.org/p/uwe/wpaper/20131310.html>
- Flegg, A. T., Huang, Y., & Tohmo, T. (2015). Using Charm to Adjust for Cross-Hauling: The Case of the Province of Hubei, China. *Economic Systems Research*, 27(3), 391–413. <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1043516>
- Flegg, A. T., Lamonica, G. R., Chelli, F. M., Recchioni, M. C., & Tohmo, T. (2021). A New Approach to Modelling the Input-Output Structure of Regional Economies Using Non-Survey Methods. *Journal of Economic Structures*, 10(1), 1–31. doi: 10.1186/s40008-021-00242-8
- Flegg, A. T., Mastronardi, L. J., & Romero, C. A. (2018). Evaluating the FLQ and AFLQ Formulae for Estimating Regional Input Coefficients: Empirical Evidence for the Province of Córdoba, Argentina. *Economic Systems Research*, 28(1), 21–37. <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1103703>
- Flegg, A. T., Pereira-López, X., Sánchez-Chóez, N., de la Torre Cuevas, F., & Tohmo, T. (2025). An Examination of Alternative LQ-Based Approaches to Computing Regional Input-Output Coefficients. *Computational Economics*. <https://doi.org/10.1007/S10614-025-10923-2>
- Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2011). Regional Input-Output Tables and the FLQ Formula: A Case Study of Finland. *ERSA Conference Papers*. <https://ideas.repec.org/p/wiw/wiwr/ersa11p334.html>
- Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2013). A Comment on Tobias Kronenberg’s “Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods: The Role of Cross-Hauling.” *International Regional Science Review*, 36(2), 235–257. <https://doi.org/10.1177/0160017612446371>
- Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2016). Estimating Regional Input Coefficients and Multipliers: The Use of FLQ is Not a Gamble. *Regional Studies*, 50(2), 310–325. <https://doi.org/10.1080/00343404.2014.901499>

- Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2019). The Regionalization of National Input-Output Tables: A Study of South Korean Regions. *Papers in Regional Science*, 98(2), 601–620. <https://doi.org/10.1111/PIRS.12364>
- Flegg, A. T., & Webber, C. D. (1997). On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables: Reply. *Regional Studies*, 31(8), 795–805. <https://doi.org/10.1080/713693401>
- Flegg, A. T., & Webber, C. D. (2000). Regional Size, Regional Specialization and the FLQ Formula. *Regional Studies*, 34(6), 563–569. <https://doi.org/10.1080/00343400050085675>
- Flegg, A. T., Webber, C. D., & Elliott, M. V. (1995). On the Appropriate Use of Location Quotients in Generating Regional Input-Output Tables. *Regional Studies*, 29(6), 547–561. <https://doi.org/10.1080/00343409512331349173>
- Fujimoto, T. (2019). Appropriate Assumption on Cross-Hauling National Input–Output Table Regionalization. *Spatial Economic Analysis*, 14(1), 106–128. <https://doi.org/10.1080/17421772.2018.1506151>
- Fukui, S. (2023). Estimating Input Coefficients for Regional Input-Output Tables Using Deep Learning with Mixup. *Computational Economics*. <https://doi.org/10.1007/s10614-024-10641-1>
- Gallego, B., Lenzen, M. (2005). A Consistent Input-Output Formulation of Shared Producer and Consumer Responsibility. *Economic Systems Research*, 17(4), 365–391. <https://doi.org/10.1080/09535310500283492>
- Garcia-Hernandez, J. A., & Brouwer, R. (2021). A Multiregional Input-Output Optimization Model to Assess Impacts of Water Supply Disruptions under Climate Change on the Great Lakes Economy. *Economic Systems Research*, 33(4), 509–535. <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1805414>
- Ghali, M. A. (1976). Tourism and Economic Growth: An Empirical Study. *Economic Development and Cultural Change*, 24(3), 527–538. <https://doi.org/10.1086/450895>
- Gilchrist, D. A., & Louis, L. V. S. (1999). Completing Input-Output Tables using Partial Information, with an Application to Canadian Data. *Economic Systems Research*, 11(2), 185–194. <https://doi.org/10.1080/09535319900000013>

- Gössling, S. (2000). Sustainable Tourism Development in Developing Countries: Some Aspects of Energy Use. *Journal of Sustainable Tourism*, 8(5), 410–425. <https://doi.org/10.1080/09669580008667376>
- Gössling, S., & Peeters, P. (2015). Assessing Tourism's Global Environmental Impact 1900–2050. *Journal of Sustainable Tourism*, 23(5), 639–659. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1008500>
- Greytak, D. (1974). Regional Interindustry Multipliers: An Analysis of Information. *Regional and Urban Economics*, 4(2), 163–172. [https://doi.org/10.1016/0034-3331\(74\)90027-X](https://doi.org/10.1016/0034-3331(74)90027-X)
- Guilhoto, J. J. M. (2021). Input–Output Models Applied to Environmental Analysis. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/ACREFORE/9780199389414.013.573>
- Ha, S. J., Hewings, G., & Turner, K. (2009). An Interregional Input-Output Analysis of the Pollution Content of Trade Flows and Environmental Trade Balances Between Five States in the US Mid-West. *Working Papers*. <https://ideas.repec.org/p/str/wpaper/0920.html>
- Haddad, E. A. (2018). *Regional Inequality and Structural Changes: Lessons from the Brazilian Experience*. Routledge.
- Haddad, E. A., Domingues, E. P., & Perobelli, F. S. (2002). Regional Effects of Economic Integration: The Case of Brazil. *Journal of Policy Modeling*, 24(5), 453–482. [https://doi.org/10.1016/S0161-8938\(02\)00125-4](https://doi.org/10.1016/S0161-8938(02)00125-4)
- Haddad, E. A., Porsse, A. A., & Rabahy, W. (2013). Domestic Tourism and Regional Inequality in Brazil. *Tourism Economics*, 19(1), 173–186. <https://doi.org/10.5367/TE.2013.0185>
- Harris, R. I. D., & Liu, A. (1998). Input-Output Modelling of the Urban and Regional Economy: The Importance of External Trade. *Regional Studies*, 32(9), 851–862. <https://doi.org/10.1080/00343409850118004>
- Hermannsson, K. (2016). Beyond Intermediates: The Role of Consumption and Commuting in the Construction of Local Input–Output Tables. *Spatial Economic Analysis*, 11(3), 315–339. <https://doi.org/10.1080/17421772.2016.1177194>

- Hewings, G. J. D., & Fernandez-Vazquez, E. (2019). Entropy Maximization and Input-Output Analysis. *Interdisciplinary Science Reviews*, 44(3–4), 272–285. <https://doi.org/10.1080/03080188.2019.1670429>
- Hewings, G. J. D., Sonis, M., Madden, M., & Kimura, Y. (1999). *Understanding and Interpreting Economic Structure*. Springer.
- Holý, V., & Šafr, K. (2023). Disaggregating Input-Output Tables by the Multidimensional RAS Method: A Case Study of the Czech Republic. *Economic Systems Research*, 35(1), 95–117. <https://doi.org/10.1080/09535314.2022.2091978>
- Huang, S., & Koutroumpis, P. (2023). European Multi-Regional Input-Output Data for 2008–2018. *Scientific Data*, 10, 218. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02117-y>
- Huang, Y., Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2014). Cross-hauling and Regional Input-Output Tables: The Case of the Province of Hubei, China (Working Paper No. 2014wp03). *Regional Research Institute*. <https://ideas.repec.org/p/rri/wpaper/2014wp03.html>
- Ihara, T. (1979). An Economic Analysis of Interregional Commodity Flows. *Environment and Planning A*, 11(10), 1115–1128. <https://doi.org/10.1068/A111115>
- International Monetary Fund (IMF). (1993). *System of National Accounts*.
- Isard, W. (1951). Interregional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy. *The Review of Economics and Statistics*, 33(4), 318. <https://doi.org/10.2307/1926459>
- Isard, W., & Kavesh, R. A. (1953). Some Economic Consequences of Nuclear Power. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 290(1), 62–66. <https://doi.org/10.1177/000271625329000108>
- Isard, W. (1956). *Location and Space-Economy: A General Theory Relating to Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade, And Urban Structure*. MIT Press.
- Jackson, R. W., & Schwarm, W. R. (2011). Accounting Foundations for Interregional Commodity-By-Industry Input-Output Models. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 4(3), 187–196. <https://doi.org/10.1007/S12076-011-0066-8>
- Jahn, M. (2017). Extending the FLQ Formula: A Location Quotient-Based Interregional Input-Output Framework. *Regional Studies*, 51(10), 1518–1529. <https://doi.org/10.1080/00343404.2016.1198471>

- Jahn, M., Flegg, A. T., & Tohmo, T. (2020). Testing and Implementing a New Approach to Estimating Interregional Output Multipliers Using Input-Output Data for South Korean Regions. *Spatial Economic Analysis*, 15(2), 165–185. <https://doi.org/10.1080/17421772.2020.1720918>
- Judge, G. G. (1996). *Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with Limited Data*. Wiley.
- Junius, T., & Oosterhaven, J. (2003). The Solution of Updating or Regionalizing a Matrix with Both Positive and Negative Entries. *Economic Systems Research*, 15(1), 87–96. <https://doi.org/10.1080/0953531032000056954>
- Kagawa, S. (2005). Inter-industry Analysis, Consumption Structure, and the Household Waste Production Structure. *Economic Systems Research*, 17(4), 409–423. <https://doi.org/10.1080/09535310500283559>
- Kang, S. E., Park, C., Lee, C. K., & Lee, S. (2021). The Stress-Induced Impact of COVID-19 on Tourism and Hospitality Workers. *Sustainability*, 13(3), 1327. <https://doi.org/10.3390/SU13031327>
- Kitamura, Y., Ichisugi, Y., Karkour, S., & Itsubo, N. (2020). Carbon Footprint Evaluation Based on Tourist Consumption toward Sustainable Tourism in Japan. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 2219, 12(6), 2219. <https://doi.org/10.3390/SU12062219>
- Kowalewski, J. (2015). Regionalization of National Input-Output Tables: Empirical Evidence on the Use of the FLQ Formula. *Regional Studies*, 49(2), 240–250. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.766318>
- Kronenberg, T. (2009). Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods. *International Regional Science Review*, 32(1), 40–64. <https://doi.org/10.1177/0160017608322555>
- Kronenberg, T. (2012). Regionale Input-Output-Modelle und die Verbuchung der Importe im Europäischen System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG). *Jahrbuch Fur Regionalwissenschaft*, 32(2), 175–191. <https://doi.org/10.1007/s10037-012-0065-2>
- Kronenberg, T. (2011). Regional Input-Output Models and the Treatment of Imports in the European System of Accounts. *MPRA Paper*. <https://ideas.repec.org/p/pramprapa/30797.html>

- Krugman, P. (1991). Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, 99(3), 483–499. <https://doi.org/10.1086/261763>
- Krugman, P. R., & Obstfeld, M. (2009). International Economics: Theory and Policy. In Pearson Addison-Wesley (Ed.), *Pearson Addison-Wesley* (Vol. 8).
- Kwon, H., & Choi, S. G. (2024). An Alternative Approach to Estimating Regional Input-Output Tables: The KFLQ Method. *Annals of Regional Science*, 72, 561–578. <https://doi.org/10.1007/s00168-023-01211-8>
- Lahr, M. L. (1993). A Review of the Literature Supporting the Hybrid Approach to Constructing Regional Input-Output Models. *Economic Systems Research*, 5(3), 277–293. <https://doi.org/10.1080/09535319300000023>
- Lahr, M. L., & de Mesnard, L. (2004). Biproportional Techniques in Input-Output Analysis: Table Updating and Structural Analysis. *Economic Systems Research*, 16(2), 115–134. <https://doi.org/10.1080/0953531042000219259>
- Lamonica, G. R., & Chelli, F. M. (2018). The Performance of Non-Survey Techniques for Constructing Sub-Territorial Input-Output Tables. *Papers in Regional Science*, 97(4), 1169–1202. <https://doi.org/10.1111/PIRS.12297>
- Lamonica, G. R., Recchioni, M. C., Chelli, F. M., & Salvati, L. (2020). The Efficiency of the Cross-Entropy Method when Estimating the Technical Coefficients of Input-Output Tables. *Spatial Economic Analysis*, 15(1), 62–91. <https://doi.org/10.1080/17421772.2019.1615634>
- Lampiris, G., Karelakis, C., & Loizou, E. (2020). Comparison of Non-Survey Techniques for Constructing Regional Input-Output Tables. *Annals of Operations Research*, 294, 225–266. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03337-5>
- Lenzen, M., Gallego, B., & Wood, R. (2009). Matrix Balancing under Conflicting Information. *Economic Systems Research*, 21(1), 23–44. <https://doi.org/10.1080/09535310802688661>
- Lenzen, M., & Rueda-Cantuche, J. M. (2012). A Note on the Use of Supply-Use Tables in Impact Analysis. *SORT*, 36(2), 139–152. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/13317>

- Lenzen, M., Wood, R., & Gallego, B. (2007). Some Comments on the GRAS Method. *Economic Systems Research*, 19(4), 461–465. <https://doi.org/10.1080/09535310701698613>
- Leontief, W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105. <https://doi.org/10.2307/1927837>
- Leontief, W. (1941). The Structure of the American Economy, 1919–1929. By Wassily W. Leontief. Cambridge: Harvard University Press, 1941. Pp. xi, 181. \$2.50. *The Journal of Economic History*, 1(2), 246–246. <https://doi.org/10.1017/S0022050700053158>
- Leontief, W. (1986). *Input-Output Economics* (2nd ed.). Oxford University Press.
- López, X. P., & de la Torre Cuevas, F. (2023). An Alternative for Tracing the Path Between Supply and Use Tables in Current and Constant Prices. *Structural Change and Economic Dynamics*, 67, 293–302. <https://doi.org/10.1016/J.STRUECO.2023.08.008>
- López, X. P., Incera, A. C., & Fernández, M. F. (2013). Advances in Updating Input-Output Tables: Its Relevance for the Analysis of Regional Economies. *Revista Portuguesa de Estudos Regionais*, 33, 3–12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=514351885001>
- Lösch, A. (1938). The Nature of Economic Regions. *Southern Economic Journal*, 5(1), 71–78. <https://doi.org/10.2307/3693804>
- Mardones, C., & Silva, D. (2021). Estimation of Regional Input Coefficients and Output Multipliers for the Regions of Chile. *Papers in Regional Science*, 100(4), 875–890. <https://doi.org/10.1111/PIRS.12603>
- Mardones, C., & Silva, D. (2023). Evaluation of Non-survey Methods for the Construction of Regional Input–Output Matrices when there is Partial Historical Information. *Comput Econ*, 61, 1173–1205. <https://doi.org/10.1007/s10614-022-10241-x>
- Martellato, D. (1982) *The Tuscany Interregional Input-Output Model (TIM): Mathematical Structure and Preliminary Results*. IIASA Collaborative Paper.
- Martínez-Alpañez, R., Buendía-Azorín, J. D., & Sánchez-de-la-Vega, M. del M. (2023). A New Improvement Proposal to Estimate Regional Input–Output Structure Using the 2D-LQ Approach. *Economies*, 11(1), 20. <https://doi.org/10.3390/ECONOMIES11010020>

- Mastronardi, L. J., Romero, C. A., & González, S. N. (2022). Interregional Analysis Using a Bi-Regional Input-Output Matrix for Argentina. *Investigaciones Regionales*, 53, 135–156. <https://doi.org/10.38191/IIRR-JORR.22.014>
- Meng, W., Xu, L., Hu, B., Zhou, J., & Wang, Z. (2017). Reprint of: Quantifying Direct and Indirect Carbon Dioxide Emissions of the Chinese Tourism Industry. *Journal of Cleaner Production*, 163, S401–S409. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.03.177>
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mínguez, R., Oosterhaven, J., & Escobedo, F. (2009). Cell-Corrected RAS Method (CRAS) For Updating or Regionalizing an Input-Output Matrix. *Journal of Regional Science*, 49(2), 329–348. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9787.2008.00594.X>
- Miyazawa, K., & Masegi, S. (1963). Interindustry Analysis and the Structure of Income-Distribution. *Metroeconomica*, 15(2–3), 89–103. <https://doi.org/10.1111/J.1467-999X.1963.TB00302.X>
- Myrdal, G. (1957). *Economic Theory and Under-Developed Regions*. Gerald Duckworth & Co. Ltd.
- Norcliffe, G. B. (1983). Using Location Quotients to Estimate the Economic Base and Trade Flows. *Regional Studies*, 17(3), 161–168. <https://doi.org/10.1080/09595238300185161>
- Nunes, S. (2022). Descriptive Analysis of the Recent Advances of Film-Induced Tourism: Identification of Strengths, Gaps and Opportunities. *Academica Turística - Tourism and Innovation Journal*, 15(2). <https://academica.turistica.si/index.php/AT-TIJ/article/view/390>
- OECD (2002). *Measuring the Non-Observed Economy: A Handbook*. <https://doi.org/10.1787/9789264175358-EN>
- Office, UN. S. (1953). *A System of National Accounts and Supporting Tables*. UN. <https://digitallibrary.un.org/record/3901219>
- Paci, R., & Marrocu, E. (2014). Tourism and Regional Growth in Europe. *Papers in Regional Science*, 93(S1), S25–S50. <https://doi.org/10.1111/PIRS.12085>

- Pardo, M. L. (1933). *Plan Nacional de Obras Hidráulicas*.
<https://ceh.cedex.es/tienda/?product=plan-nacional-de-obras-hidraulicas>
- Pereira López, X., de la Torre Cuevas, F. (2023). An Alternative for Tracing the Path Between Supply and Use Tables in Current and Constant Prices. *Structural Change and Economic Dynamics*, 67, 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.08.008>
- Pereira López, X., Quiñoa López, X. L., & Carrascal Incera, A. (2012). Actualización de la Inversa de Leontief mediante el Método RAS. *Anales de ASEPUMA, ISSN-e 2171-892X*, 20(1).
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6043307&info=resumen&idioma=ENG>
- Pereira López, X., Carrascal-Incera, A., & Fernández-Fernández, M. (2020). A Bidimensional Reformulation of Location Quotients for Generating Input–Output Tables. *Spatial Economic Analysis*, 15(4), 476–493. <https://doi.org/10.1080/17421772.2020.1729996>
- Pereira López, X., & Rueda-Cantuche, J. M. (2013). *Métodos de Actualización Global de Tablas Input-Output con Información Limitada: Su Importancia para el Análisis Regional*. XXXIX Reunión de Estudios Regionales. Smart Regions for a Smarter Growth Strategy: New Challenges of Regional Policy and Potentials of Cities to Overcome a Worldwide Economic Crisis. Oviedo, 21-22. November of 2013. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=OZ7DK1sAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=OZ7DK1sAAAAJ:BwyfMAYsbu0C.
- Pereira López, X., Sánchez-Chóez, N.G. & Fernández-Fernández, M. (2021). Performance of Bidimensional Location Quotients for Constructing Input–Output Tables. *Economic Structures*, 10(7). <https://doi.org/10.1186/s40008-021-00237-5>
- Ranzan, C. (2021). Law of Physics 20th-Century Scientists Overlooked (Part 7): Steady State Cosmic Structure. *OALib*, 08(12), 1–24. <https://doi.org/10.4236/OALIB.1107901>
- Reilly, W. J. (1931). *The Law of Retail Gravitation*. W.J. Reilly.
- Richardson, H. W. (1978). The State of Regional Economics: A Survey Article. *International Regional Science Review*, 3(1), 1–48. <https://doi.org/10.1177/016001767800300101>

- Robinson, S., Cattaneo, A., & El-Said, M. (2001). Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods. *Economic Systems Research*, 13(1), 47–64. <https://doi.org/10.1080/09535310120026247>
- Robinson, S., & El-Said, M. (2000). *GAMS Code for Estimating a Social Accounting Matrix (SAM) Using Cross Entropy Methods (CE)*. International Food Policy Research Institute. <https://hdl.handle.net/10568/155905>
- Robison, M. H., & Miller, J. R. (1988). Cross-Hauling and Nonsurvey Input-Output Models: Some Lessons from Small-Area Timber Economies. *Environment & Planning A*, 20(11), 1523–1530. <https://doi.org/10.1068/A201523>.
- Sampedro, J. L. (1959). *Realidad Económica y Análisis Estructural*. Aguilar.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (1970). *Economics* (8.^a ed.). McGraw-Hill.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2019). *Economía: con Aplicaciones* (L. Armenta Fraire et al., Eds.). McGrawHill.
- Sánchez-Chóez, N. G., Pereira-López, X., Fernández-Fernández, M. (2022). A Modification of the Cross-Industry Location Quotient for Projecting Sub-Territorial Input-Output Tables. *Revista de Economía Mundial*, 62(62), 25–50. <https://doi.org/10.33776/REM.VI62.5130>
- Schaffer, W. A., & Chu, K. (1969). Nonsurvey Techniques for Constructing Regional Interindustry Models. *Papers in Regional Science*, 23(1), 83–104. <https://doi.org/10.1111/J.1435-5597.1969.TB01403.X>
- Sengupta, J. K. (1992). The Maximum Entropy Approach in Production Frontier Estimation. *Mathematical Social Sciences*, 25(1), 41–57. [https://doi.org/10.1016/0165-4896\(92\)90024-Y](https://doi.org/10.1016/0165-4896(92)90024-Y)
- Shi, Y., & Yu, M. (2021). Assessing the Environmental Impact and Cost of the Tourism-Induced CO₂, NO_x, SO_x Emission in China. *Sustainability*, 13(2), 604. <https://doi.org/10.3390/su13020604>
- Stellantis. (2023, diciembre 22). Stellantis Vigo cierra 2023 con 531.000 vehículos producidos. Stellantis Media. <https://www.media.stellantis.com/es-es/corporate-communications/press/stellantis-vigo-cierra-2023-con-531-000-vehiculos-producidos>.

- Stevens, B. H., Treyz, G., & Lahr, M. (1988). On the comparative accuracy of RPC estimating techniques (Working Paper No. 20). https://books.google.com/books/about/On_the_Comparative_Accuracy_of_RPC_Estim.html?id=9TiuAAAACAAJ.
- Stimson, R. J., Stough, R. R., & Roberts, B. H. (2006). *Regional Economic Development: Analysis and Planning Strategy*. Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-34829-8>
- Stone, R., & Brown, A. (1962). *A Computable Model of Economic Growth*. London: Chapman & Hall.
- Szabó, N. (2015). Methods for Regionalizing Input-Output Tables. *Regional Statistics*, 5(1), 44–65. <https://doi.org/10.15196/RS05103>
- Tamames Gómez, R. (1968). *Los Centros de Gravedad de la Economía Española*. Guardiania Publicaciones.
- Temursho, U. (2021). On the Euro method. *Economic Systems Research*, 33(2), 250–275. <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1772727>
- Temurshoev, U., Miller, R. E., & Bouwmeester, M. C. (2013). A Note on The GRAS Method. *Economic Systems Research*, 25(3), 361–367. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.746645>
- Temurshoev, U., & Timmer, M. P. (2011). Joint Estimation of Supply and Use Tables. *Papers in Regional Science*, 90(4), 863–882. <https://doi.org/10.1111/J.1435-5957.2010.00345.X>
- Temurshoev, U., Yamano, N., & Webb, C. (2011). Projection of Supply and Use Tables: Methods and their Empirical Assessment. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.1539089>
- ten Raa, T., & Rueda-Cantuche, J. M. (2013). The Problem of Negatives Generated by the Commodity Technology Model in Input-Output Analysis: A Review of the Solutions. *Journal of Economic Structures*, 2(5), 1–14. <https://doi.org/10.1186/2193-2409-2-5>
- Teng, H. Y. (2021). Can Film Tourism Experience Enhance Tourist Behavioural Intentions? The Role of Tourist Engagement. *Current Issues in Tourism*, 24(18), 2588–2601. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1852196>

- Teng, H. Y., & Chen, C. Y. (2020). Enhancing Celebrity Fan-Destination Relationship in Film-Induced Tourism: The Effect of Authenticity. *Tourism Management Perspectives*, 33, 100605. <https://doi.org/10.1016/J.TMP.2019.100605>
- Többen, J., & Kronenberg, T. H. (2015). Construction of Multi-Regional Input–Output Tables Using the Charm Method. *Economic Systems Research*, 27(4), 487–507. <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1091765>
- Tohmo, T. (2014). *Cross-Hauling and Regional Input-Output Tables: The Case of the Province of Hubei, China*. [Manuscrito no publicado]. Academia.edu. https://www.academia.edu/91414725/Cross_Hauling_and_Regional_Input_Output_Tables_The_Case_of_the_Province_of_Hubei_China
- Tohmo, T. (2025). The KFLQ Revisited: Estimating Regional Input–Output Tables for Regions in South Korea. *Annals of Regional Science*, 74, 1–24. <https://doi.org/10.1007/s00168-024-01345-3>
- Tourism Organization. (2024). *International Tourism to Reach Pre-Pandemic Levels in 2024*. <http://www.unwto.org/market-intelligence>.
- Ueda, T., & Kunimitsu, Y. (2017). Economic and Environmental Impacts of Agricultural and Rural Development Projects in Japan: Evidence from an Interregional Input–Output Analysis. *Asia-Pacific Journal of Regional Science*, 1(2), 399–426. <https://doi.org/10.1007/s41685-017-0044-2>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (1999). *National Accounts Statistics: Main Aggregates and Detailed Tables 1998*. <https://doi.org/10.18356/9789211558685>
- United Nations, S. (1968). *A system of national accounts*. UN. <https://digitallibrary.un.org/record/479799>
- UNWTO Tourism Highlights, 2008 Edition. (2008). *UNWTO*. <https://doi.org/10.18111/9789284413560>
- Vázquez Barquero, A. (1999). *Desarrollo, Redes e Innovación: Lecciones sobre Desarrollo Endógeno*. Pirámide.

- Vidal de La Blache, P., & Alegre Nadal, P. (2013). *Paul Vidal de La Blache: Geografia General i Regional: L'Obra a Annales de Géographie (1891–1919)*. La Taberna del Libro.
- Wall, E. H. (1954). Economic Survey of Europe Since the War: A Reappraisal of Problems and Prospects. *International Affairs*, 30(1), 84–85. <https://doi.org/10.2307/2608461>
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K., & Barrett, J. (2007). Examining the Global Environmental Impact of Regional Consumption Activities - Part 2: Review of Input-Output Models for the Assessment of Environmental Impacts Embodied in Trade. *Ecological Economics*, 61(1), 15–26. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2006.12.003>
- Wilson, A. G. (1970). Inter-regional Commodity Flows: Entropy Maximizing Approaches. *Geographical Analysis*, 2(3), 255–282. <https://doi.org/10.1111/J.1538-4632.1970.TB00859.X>
- World Travel & Tourism Council. (1995). *Travel & Tourism: A New Economic Perspective: The 1995 WTTC Report*. Elsevier Science.
- Zheng, H., Többen, J., Dietzenbacher, E., Moran, D., Meng, J., Wang, D., & Guan, D. (2022). Entropy-Based Chinese City-Level MRIO Table Framework. *Economic Systems Research*, 34(4), 519–544. <https://doi.org/10.1080/09535314.2021.1932764>

Anexos

ANEXO 1: ABREVIACIONES

No	Abreviación	Nombre completo
1	IO	Input-Output
2	SUT	Supply Use Table
3	MRIO	Multiregional Input-Output
4	IRIO	Interregional Input-Output
5	ONU	Organización de Naciones Unidas
6	SNA	Sistema de Cuentas Nacionales
7	EORA	Global Supply Chain Database
8	WIOD	World Input-Output Database
9	EXIOBASE	Detailed Global MRIO Database
10	FMI	Fondo Monetario Internacional
11	ESA	European System of Accounts
12	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
13	EUROSTAT	Oficina de Estadística de la Unión Europea
14	POCTEFA	Programa de Cooperación Territorial España-Francia-Andorra
15	OMT / UNWTO	Organización Mundial del Turismo
16	LQ	Cocientes de Localización
17	SLQ	Simple Location Quotient
18	CILQ	Cross-Industry Location Quotient
19	FLQ	Flegg's Location Quotient
20	AFLQ	Augmented Flegg's Location Quotient
21	KFLQ	K-Industry-Specific Flegg's Location Quotient
22	SFLQ	Sector-Specific Flegg's Location Quotient
23	2D-LQ	Bidimensional - Location Quotient
24	HTLQ	Hyperbolic Tangent Location Quotient
25	CHARM	Cross-Hauling Adjusted Regionalization Method
26	IPF	Iterative Proportional Fitting
27	RAS	
28	MRAS	Modified RAS

No	Abreviación	Nombre completo
29	TRAS	Three-stage RAS
30	GRAS	Generalized RAS
31	KRAS	Konfliktfreies RAS
32	CRAS	Cell-corrected RAS
33	SUT-RAS	
34	MRAS	Multidimensional RAS
35	Path-RAS	
36	STPD	Standardized Total Percentage Distance
37	IGE	Instituto Gallego de Estadística
38	CST	Cuentas Satélite de Turismo de España
39	GAME	Grupo de Análisis de Modelización Económica
40	ETR	Encuesta de Turismo de Residentes
41	INE	Instituto Nacional de Estadística de España
42	CNAE2D	Clasificación Nacional de Actividades Económicas de dos dígitos
45	EURO Method	Regionalization of National Input-Output Tables: The EURO Method
46	KL	Kullback-Leibler
47	PRIOR	
48	VAB	Valor Añadido Bruto
49	PIB	Producto Interno Bruto
50	CO2	Dióxido de Carbono

ANEXO 2: PRODUCTOS CORRESPONDIENTES A LA ECONOMÍA DE GALICIA

Numeración	Código	Producto
1	01A	Productos agrícolas
2	01B	Productos ganaderos
3	02	Productos y servicios forestales
4	03A	Productos de la pesca extractiva
5	03B	Productos de acuicultura
6	05	Carbón, antracita y lignito
7	06	Petróleo crudo y gas natural
8	07	Minerales metálicos
9	08	Minerales no metálicos y energéticos
10	10A1	Carne preparada y en conserva
11	10A2	Productos cárnicos
12	10B1	Congelados (pescado, moluscos y crustáceos)
13	10B2	Conservas (pescado, moluscos y crustáceos)
14	10B3	Otras preparaciones a base de pescado, crustáceos y moluscos
15	10C1	Leche de consumo líquida y en polvo
16	10C2	Productos lácteos y helados
17	10D	Productos para la alimentación animal
18	10E1	Frutas y hortalizas preparadas y en conserva
19	10E2	Aceites y grasas vegetales y animales
20	10E3	Productos lácteos, almidones y sustancias amiláceas
21	10E4	Otros productos alimenticios
22	11A	Vino
23	11B	Otras bebidas alcohólicas
24	11C	Aguas minerales y bebidas no alcohólicas
25	12	Tabaco elaborado
26	13	Productos textiles
27	14	Prendas de vestir
28	15	Cuero, artículos de cuero; Calzado
29	16A	Madera aserrada y cepillada
30	16B	Otros productos de madera
31	17A	Pulpa, papel y cartón
32	17B	Artículos de papel y cartón
33	18	Servicios de impresión y reproducción de soportes grabados
34	19	Refino de petróleo
35	20A	Productos químicos básicos; plaguicidas
36	20B	Otros productos químicos

Numeración	Código	Producto
37	21	Productos farmacéuticos
38	22	Productos de caucho y plástico
39	23A	Vidrio cerámica
40	23B	Hormigón, cemento, cal, yeso y productos derivados
41	23C	Piedra tallada, labrada y acabada, artículos de piedra
42	23D	Otros productos minerales no metálicos
43	24	Productos metalúrgicos y productos metálicos
44	25	Productos metálicos, excepto maquinaria y equipo
45	26	Productos informáticos, electrónicos y ópticos
46	27	Equipo y suministros eléctricos
47	28	Maquinaria
48	29A	Vehículos de motor
49	29B	Carrocerías, partes y accesorios de vehículos de motor
50	30A	Construcción naval
51	30B	Ferrocarril y otros equipos de transporte
52	31	Muebles
53	32	Otros productos manufacturados
54	33	Servicios de instalación y reparación de maquinaria y equipo
55	35A	Servicios de producción, transporte y distribución de electricidad
56	35B	Servicios de producción, transporte, distribución y comercialización de gas, vapor y aire acondicionado
57	36	Agua natural; Servicios de tratamiento y distribución de agua
58	37_39M	Servicios de alcantarillado, gestión de residuos y saneamiento de mercado
59	37_38NM	Servicios de alcantarillado y gestión de residuos no de mercado
60	41_43	Construcción y obras de construcción
61	45A	Venta de vehículos de motor y repuestos
62	45B	Reparación de vehículos de motor
63	46	Servicios de comercio al por mayor y de intermediación, excepto de vehículos de motor
64	47A	Servicios de comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y combustible para vehículos de motor
65	47B	Servicios de comercio al por menor de combustibles
66	49A	Transporte terrestre de pasajeros
67	49B	Transporte terrestre de mercancías
68	50	Transporte marítimo y fluvial
69	51	Transporte aéreo
70	52	Servicios auxiliares al transporte
71	53	Actividades postales y de mensajería
72	55	Servicios de alojamiento
73	56	Servicios de restauración

Numeración	Código	Producto
74	58	Servicios de edición
75	59_60M	Servicios de cine, vídeo y televisión; servicios de grabación de sonido y edición musical; servicios de programación y difusión de radio y televisión de mercado
76	60NM	Servicios de programación y difusión de radio y televisión no de mercado
77	61	Telecomunicaciones
78	62_63	Servicios de programación, consultoría y otros servicios informáticos; servicios de información
79	64	Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones
80	65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto seguridad social obligatoria
81	66	Actividades auxiliares a los servicios financieros y de seguros
82	68	Servicios inmobiliarios
83	69_70	Servicios jurídicos y contables; servicios de sede social; Servicios de consultoría de gestión empresarial
84	71	Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; servicios de análisis y pruebas técnicas
85	72	Servicios de I+D
86	73	Servicios de publicidad e investigación de mercado
87	74	Otros servicios profesionales, científicos y técnicos
88	75M	Servicios veterinarios de mercado
89	75NM	Servicios veterinarios no de mercado
90	77A	Servicios de alquiler de vehículos
91	77B	Servicios de alquiler de maquinaria y equipos
92	78	Servicios relacionados con el empleo
93	79	Servicios de agencias de viajes, operadores turísticos y otros servicios de reservas
94	80_82	Servicios de seguridad e investigación; servicios de construcción y paisajismo; servicios administrativos, de oficina y otros servicios de apoyo empresarial
95	84	Servicios de administración pública y defensa; servicios de seguridad social obligatoria
96	85M	Servicios de educación de mercado
97	85NM	Servicios de educación no de mercado
98	86M	Servicios de atención sanitaria de mercado
99	86NM	Servicios de atención sanitaria no de mercado
100	87_88M	Servicios sociales de mercado (con y sin alojamiento)
101	87_88NM	Servicios sociales no de mercado (con y sin alojamiento)
102	90_93M	Servicios artísticos, de entretenimiento y de ocio de mercado
103	90_93NM	Servicios artísticos, de entretenimiento y de ocio no de mercado
104	94M	Servicios prestados por asociaciones de mercado
105	94NM	Servicios prestados por asociaciones no de mercado
106	95	Servicios de reparación de ordenadores, efectos personales y enseres domésticos
107	96	Otros servicios personales
108	97	Servicios de los hogares como empleadores de personal doméstico



La presente tesis doctoral establece una nueva metodología de regionalización a partir de marcos contables Input-Output, en función de datos non-survey y con el mayor nivel de desagregación productiva, representando adecuadamente la relación comercial interregional a escala local.