UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Análisis de los efectos del boom petrolero en Ecuador desde una perspectiva de la Teoría de Grafos

Carlos Gustavo Zapata Zambrano

Matemáticas

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Matemático

Quito, 9 de enero de 2025

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN

DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

Efectos del Boom Petrolero en los sectores de producción del Ecuador vistos con la teoría de Grafos

Carlos Gustavo Zapata Zambrano

Pablo Astudillo, Ph.D. ....

Antonio Di Teodoro, Ph.D. ....

Quito, 9 de enero de 2025

© DERECHOS DE AUTOR

Nombres y apellidos:	Carlos Gustavo Zapata Zambrano
Código:	00215696
C.I.:	092866584-3
Fecha:	Quito, 9 de enero de 2025

RESUMEN

En un sistema económico, los diferentes sectores interactúan entre si intercambiando materiales y productos a cambio de dinero. La matriz input-output da en una fila cuanto dinero otros sectores usan para comprar sus bienes, productos o materiales. Viendo a la estructura como un grafo, con los sectores como los nodos y la tabla input-output como la matriz adyacente, se observa como fluyen los recursos a lo largo del sistema. De un grafo, se extraen medidas de centralidad como el weighted in-degree (peso de los edges que entran a un nodo) y el weighted out-degree (peso de los edges que salen de un nodo). Estas medidas se usan para estimar la importancia de un sector en el sistema. Además, viendo las transacciones dentro de un año como una cadena de Markov (la riqueza en recursos pasa de un sector a otro), se consigue de esta la distribución de los recursos a largo plazo.

La enfermedad holandesa es un fenómeno económico que se produce cuando un país descubre y explota recursos naturales, como el petróleo o el gas natural, y esto genera un incremento en los flujos de capital provenientes de la exportación de recursos naturales, que pueden producir efectos inversos en la economía de los países ricos en estos recursos. En el Ecuador, durante el año de 1972, arrancó el primer Boom Petrolero. Este recurso natural se convirtió en la principal fuente de ingresos para la economía ecuatoriana y tuvo un gran impacto en el cambio del modelo de desarrollo del País, desde la industrialización horizontal hacia el neo-liberalismo, en un tortuoso proceso de ajustes. El objetivo de la investigación es analizar los cambios en las medidas de centralidad la estructura productiva (sector primario, sector atasque, bienes y servicios), para observar el cumplimiento de los efectos de la enfermedad Holandesa (Efecto de Movimiento de Recursos y Efecto de Gastos). También se observa la correlación entre el precio del crudo con la distribución a largo plazo, para especular sobre su posible efecto en el flujo de recursos y ganancias.

***Palabras clave*:** Enfermedad Holandesa, Boom Petrolero, tablas input-output, weighted out-degree, weighted in-degree , cadena de Markov, sectores y efecto.

ABSTRACT

In an economic system, different sectors interact with each other by exchanging materials and products for money. The input-output matrix gives in one row how much money other sectors use to buy their goods, products or materials. Viewing the structure as a graph, with sectors as nodes and the input-output table as the adjacent matrix, shows how resources flow through the system. From a graph, centrality measures such as the weighted in-degree (weight of the edges entering a node) and the weighted out-degree (weight of the edges leaving a node) are extracted. These measures are used to estimate the importance of a sector in the system. Also, viewing transactions within a year as a Markov chain (resource wealth passes from one sector to another), gives the long-term distribution of resources.

The Dutch disease is an economic phenomenon that occurs when a country discovers and exploits natural resources, such as oil or natural gas, and this generates an increase in capital flows from the export of natural resources, which can produce inverse effects on the economy of countries rich in these resources. In Ecuador, during the year 1972, the first Oil Boom began. This natural resource became the main source of income for the Ecuadorian economy and had a great impact on the change in the development model of the country, from horizontal industrialization to neo-liberalism, in a tortuous process of adjustments. The objective of the research is to analyze the changes in the measures of centrality of the productive structure (primary sector, Congestion sector, goods and services), to observe the fulfillment of the effects of the Dutch disease (Effect of Resource Movement and Effect of Expenses). The correlation between crude oil prices and long-term distribution is also observed to speculate on its possible effect on the flow of resources and profits.

***Keywords*:** Dutch disease, Oil Boom, input-output tables, weighted out-degree, weighted in-degree, Markov chain, sectors and effect.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE CUADROS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a mis padres, mi hermano, familiares, tutores, profesores y a todos los que usen este trabajo como una fuente de información.

AGRADECIMIENTO

Los primeros a los que deseo agradecer es a mis padres, que siempre me han apoyado de forma incondicional, tanto en lo personal como en mis metas académicas. También a mi hermano, que ha sido mi gran amigo toda mi vida. Agradezco a todos mis familiares, que han estado pendientes de mi superación.

Agradezco a todos mis profesores que desde el primer día de clases me han brindado con mucha paciencia sus conocimientos para culminar mis estudios con gran satisfacción; y, a mis tutores del TFG por su guía que me ha permitido llegar a desarrollar esta investigación con éxito.

Deseo agradecer a la USFQ por acogerme y permitirme adquirir conocimientos paralelos a las matemáticas, como la economía y la historia. Agradecido con los directivos, los departamentos a los que acudí y al personal de la universidad por ser siempre gentiles y brindarme su apoyo en todo momento.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El termino Enfermedad Holandesa “Dutch Disease” es una teoría económica presentada por primera vez en el periódico “The Economist”. La “Enfermedad Holandesa”, es la generalización del fenómeno producido en Holanda en la década de los setenta debido a las grandes reservas de gas natural en el Mar del Norte. Holanda era conocida en gran medida por su estabilidad económica, pero a partir de este descubrimiento aumento el desempleo, particularmente en la industria de manufacturas. (The Economist, 1977)

La economía holandesa se enfrentó a un fenómeno extraño después de la primera crisis del petróleo a principios de los años setenta: una caída del nivel de actividad del sector manufacturero y una caída de la inversión privada, lo que condujo a una caída de los beneficios, pero con un registro de buenos resultados en el plano externo. (Lotfi and Karim, 2016)

Este concepto trata sobre las consecuencias de poseer una riqueza inesperada producto de la explotación de un recurso natural. Al terminarse la fuente de recursos se producen desequilibrios macroeconómicos en la balanza de pagos, incremento de la deuda externa, movilización no deseada de factores, desequilibrios en las cuentas fiscales, entre los más importantes efectos. (Ocampo, 2005)

Para entender este fenómeno, se puede dividir a los recursos en 3 sectores diferentes:

1. ***Sector en Boom*:** puede ser el petróleo o cualquier otra industria primaria de exportación en una fase de aumento de precios y explotación de un descubrimiento importante de recursos o un progreso técnico neutro en el contexto de Hicks (la eficiencia del trabajo y del capital aumentan simultáneamente en las mismas proporciones y con una remuneración similar) cuyo efecto sea una reducción sustancial de los costos. (Lotfi and Karim, 2016)

2. ***Sector en Atasque*:** o sector de los demás bienes transables (son aquellos que se pueden comerciar o intercambiar a nivel nacional e internacional), que abarca otras exportaciones y los sustitutos de importación tanto en el sector manufacturero como en el sector agrícola. (Lotfi and Karim, 2016)

3. ***Servicios y bienes de consumo interno (no transables)*:** son los diferentes servicios que recibe la población, junto con bienes hechos para el consumo de la población y no para cambiar de manos, como las compras personales de un centro comercial. (Lotfi and Karim, 2016)

En la enfermedad Holandesa, se pueden observar 2 efectos (Lotfi and Karim, 2016):

1. ***Efecto de Movimiento de Recursos*:** Consiste en como el sector en despegue pasará a nutrirse de los recursos disponibles de manera nacional o internacional, además de con mano de obra. Esto resulta en una reducción en las capacidades de las industrias en el sector de atasque.

2. ***Efecto de Gasto*:** El boom de un sector provoca una auge en el poder adquisitivo de una parte de la población (que se beneficia de manera directa o indirecta del sector en boom). Esto se refleja en un despegue en el sector que provee de bienes no intercambiables, o que provee de servicios.

   Las consecuencias de la Enfermedad Holandesa incluyen descuido en el sector de atasque, resultando una menor capacidad para las ventas de productos manufacturados. La resultante dependencia del sector en boom hace a la economía y las interacciones particularmente vulnerables ante disrupciones en el precio del sector en boom. (Fontaine, 2002)

En Ecuador, en febrero de 1972, se da inicio la explotación del petróleo de los los yacimientos petrolíferos orientales, por parte del consorcio estadounidense Texaco-Gulf. Este acontecimiento coincidió con el ascenso al poder, del gobierno militar del General Rodríguez Lara, con un programa nacionalista, reformista y modernizador. (Núñez et al., 1976)

Entre las principales acciones de ese gobierno destacan: 1) reversión al Estado de cuatro millones de hectáreas concedidas a compañías extranjeras por gobiernos anteriores, 2) ingreso del Ecuador a la Organización de Países Exportadores de Petroleo (OPEP), y 3) control por parte de la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) del 25 %' de los activos y derechos' de TEXACO-GULF. Complementariamente, se dispuso una elevación del impuesto a la renta a las petroleras, contrató la construcción de la refinería estatal, constitución de la Flota Petrolera Ecuatoriana (FLOPEC), entre otras. (Núñez et al., 1976)

El boom petrolero de 1973, le permitió al País entrar en una era de prosperidad que se tradujo en un aumento promedio del 9 % del PIB al año en los setenta, con niveles del 25,3 % en 1973 y 9,2 % en 1976. No obstante, aquel crecimiento disminuyó, debido a la caída del precio de petróleo, en los ochenta y volvió a caer a un promedio del 2,1 % al año, con oscilaciones entre el -6 % en 1987 y 10,5 % en 1988 (Fontaine, 2002). La caída de los precios del petróleo dio al traste con el proyecto de industrialización y los planes de desarrollo concebidos en el Boom Petrolero. (Cardoso and Chavez, 2023)

El propósito de esta tesis es determinar el efecto del Boom Petrolero de 1972 en la estructura productiva (tres sectores) del Ecuador entre 1965 y 1995, utilizando criterios matemáticos. Con el weighted in degre, se observa la cantidad de recursos que los sectores adquieren de si mismos y de los otros sectores. Mientras que el weighted out-degree indica cuanto dinero recibe un sector por las ventas hacia los sectores. Conociendo estos valores, se puede observar el movimiento del flujo de recursos, pasando de un sector a otro que lo recibe y se fortalece. Viendo a las transacciones durante un año como cadenas de Markov, en la que en las que los sectores intercambian sus recursos de un año al siguiente, se obtiene cual será la distribución porcentual de los recursos luego de un número elevado de transacciones. Utilizándolos para verificar el cumplimiento de las condiciones del Efecto de Movimiento de Recursos y del Efecto de Gastos, propios de la Enfermedad Holandesa. También se observa la correlación de este con el precio del petroleo a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO 2

DEFINICIONES

2.1. Tablas Input - Output

François Quesnay (1694 – 1774), economista y médico, plantearía las llamadas “Tablas económicas”. Estas serían unas guías de la economía en la que se ve como circulaba la riqueza a lo largo de las clases sociales, como los nutrientes fluyen por un cuerpo a los diferentes órganos. Quesnay consideraba 3 clases: los productores (los trabajadores en obtener los recursos), los dueños (que distribuyen estos recursos vendiendo), y la clase “estéril” (mercantes y otros oficios no conectados a la producción), a través de los cuales la riqueza fluye mediante diferentes interacciones. (Neto and Cantarino, 2016) En 1974, Wassil Leontief ganaría un premio Nobel por desarrollar el método Input–Output, que capturaría más interacciones entre las actividades fundamentales de la economía (Producción, Consumo, Acumulación, e Intercambio de bienes).

Las tablas input-output describen relaciones de compraventa dentro de una economía. Se las puede comparar con una guía de nutrición, determinando a que partes de la economía van los diferentes productos y mostrando el flujo de bienes y servicios. Las tablas input-output se pueden usar para identificar cuánto depende una industria o producto de otro.

La tabla cuenta con un número de filas y columnas donde cada una le corresponde a uno de los sectores de producción observados. En una fila, se observan todos los sectores que adquieren recursos del sector que le corresponde a la fila. Y en cada columna se observan todos los sectores a los que el sector que le corresponde a la columna les adquiere recursos. Ejemplo: Suponer que se observan 3 sectores. La tabla input-output sería:

.	Sector 1	Sector 2	Sector 3
Sector 1	s(1,1)	s(1,2)	s(1,3)
Sector 1	s(2,1)	s(2,2)	s(2,3)
Sector 1	s(3,1)	s(3,2)	s(3,3)

Cuadro 2.1: Ejemplo en tabla Input- Output con 3 sectores

Para todos los valores de “i” y “j”, s(i,j) representa en valor los recursos que el sector “j” le compra a “i”.

Originalmente vista como una teoría “demasiado matemática” y exigiendo mucho de los datos, pasaría a ser una teoría mucho más respetada durante la 2da Guerra Mundial (siendo usada para identificar estancamientos en las cadenas de producción de las Fuerzas Armadas). (van Leeuwen et al., 2005)

Estas Tablas pueden ser de tipo Industria x Industria, donde este flujo es definido por el output de industria; o de tipo Producto x Producto, donde el flujo es definido por el output de producto. En el caso de la tabla Industria x Industria, el Output representaría cuánto una industria gasta, cierta cantidad de dinero, en recursos provenientes de otras industrias (que serían el Input). En la estructura de la tabla, las filas representarían el Input y las columnas el Output. (Lutter et al., 2016)

El análisis de tablas IO presenta, sin embargo, algunas limitaciones. Se suele asumir un Output homogéneo, no tomando en cuenta que se mezcla y promedia diferentes productos de calidad y cantidad variable. O que se da por sentado un flujo continuo de dinero y un flujo físico de recursos. O discrepancias entre lo que se registra a nivel regional.

2.2. Transformaciones

Definición 2.2.1. Mapeo lineal (Axler, 2015)

Para un espacio vectorial V en el campo $\mathbb{F}$ (que puede ser $\mathbb{R}$ o $\mathbb{C}$) Y W un espacio vectorial en este mismo campo. Sea además $A_1, A_2 \in V$ & $B_1, B_2 \in W$, y $\alpha \in F$ (valor escalar). “f” es in Mapeo lineal si es que preserva 2 factores:

1. Factor de adición: $f(A_1 + A_2) = f(A_1) + f(A_2)$. Donde $f(A_1 + A_2), f(A_1), f(A_2) \in W$.

2. Factor de multiplicación: $f(\alpha * A_1) = \alpha * f(A_1)$. Donde $f(\alpha * A_1), \alpha * f(A_1) \in W$.

Un Operador Lineal sería un Mapeo Lineal que parte de una espacio Vectorial hacia este mismo espacio vectorial (V = W).

Una matriz puede funcionar como un Operador Lineal entre 2 vectores. Sean $v, w \in V$ vectores en el mismo espacio vectorial, y “f” un operador lineal tal que f(v) = w. Estando en el mismo espacio vectorial, “v” y “w” tendrán la misma dimensión ($v = [v_1, v_2, ..., v_n]$, $w = [w_1, w_2, ..., w_n]$). “f” se convierte en una matriz “X” tal que $X * v = w$. (Axler, 2015) Esta se calcula de la siguiente manera:

$$X * v * v^T = wv^T$$

$$X = (w * v^T) * (v * v^T)^{-1}$$

Donde v^T es la matriz transpuesta de “v”, y $(v * v^T)^{-1}$ es la matriz inversa de $(v * v^T)$.

Las matrices son vectores de vectores, también se presenta Operadores lineales entre 2 matrices con una matriz. Sean A y B matrices, y el operador lineal “f” m se convierte en una matriz X. Por lo tanto, $X * A = B$. La matriz Operador se calcula con la ecuación $X = B * A^{-1}$. (Axler, 2015)

2.3. Teoría de Grafos

Un grafo es una clase de pares ordenados G = (V, E) donde “V” es un set de diferentes elementos denominados **nodos**. Si entre los nodos $a, b \in V$ hay una función “f” tal que b = f(a), podemos llamar al par $(a, b) \in E$ un **edge** (borde). Es posible representar a al grafo como una figura en el espacio, donde los nodos son unos puntos, y los *bordes* o son las líneas que los unen (similar a las carreteras que conectan diferentes lugares). Estos bordes pueden tener dirección o no tener dirección. En caso de no tener dirección, se dice que para $(a, b) \in E$, se cumple sí o sí que $(b, a) \in E$. En caso de si tener dirección, esto no pasa necesariamente. A los edges se les puede asignar un “peso”, algo que indique su “fuerza” o la frecuencia en la que se lo recorre comparado con los demás edges. (Smith et al., 2010)

Es posible que el grafo también se lo puede representar mediante la matriz adyacente o la matriz de incidencia.

Definición 2.3.1. Matriz de Adyacencia (Kreyszig and ODEs, 2009)
Sea G = (N, E) un grafo donde N es el conjunto de nodos N = {1, 2, 3, ... , n } E es el conjunto de edges que une estos nodos. La función de la matriz de adyacencia es mostrar los vinculos entre los nodos por medio de los edges. Una matriz de Adyacencia sería una matriz A de dimensión nxn:

$$A = \begin{pmatrix} a(1,1) & a(1,1) & ... & a(1,n) \\ a(2,1) & a(2,2) & ... & a(2,n) \\ ... & ... & ... & ... \\ a(n,1) & a(n,2) & ... & a(n,n) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Donde el valor de a(i,j) indica si es que hay un edge que parte del nodo “i” hacia el nodo “j”. Si este edge no existe, a(i,j) = 0. La matriz de Adyacencia puede ser con peso o sin peso. Para una matriz adyacente sin peso, si hay un edge (i,j), a(i,j) = 1. Para una matriz adyacente con peso, a(i,j) es igual al peso del edge que parte de i hacia j.

Definición 2.3.2. Cadena de Markov (Dobrow, 2016)
Sea S = $\{v_1, ...v_n\}$ el conjunto de los posibles resultados de una actividad. La cadena de Markov sería la secuencia de valores $\{X_k\}$, donde X_m representa los resultados de la prueba en el intento número “m”. Para todos los valores i,j ∈ S, la probabilidad de que, si ocurrió que $X_m = i$, que ocurra que $X_{m+1} = j$ depende solo del valor de X_m. Es independiente de los valores de X_k (donde k <m).

$$P(X_{m+1} = j; X_m = i) = P(X_{m+1} = j; X_m = i, X_{m-1} = i_1, X_{m-2} = i_2, ...) \quad (2)$$

Los grafos se emplean en el Estudio de las cadenas de Markov.

Definición 2.3.3. Corolario de la cadena de Markov. (Dobrow, 2016)
La matriz de adyacencia de la cadena de Markov, es la matriz adyacente “A” de (1), donde a(i,j) = P(X_{m+1} = j; X_m = i).

La matriz adyacente de la cadena de Markov es un operador lineal. Sea el vector V = { v_1, ..., v_n } una cantidad de algo que poseen respectivamente los nodos S = {1, ... n } de una cadena de Markov con matriz de adyacencia A de dimensión nxn (1), con a(i,j) siendo la probabilidad de que la un elemento del nodo “i” pase al nodo “j”. Multiplicando la transpuesta del vector “V” por la matriz A, se obtienen las cantidades que tienen los sectores luego de un turno. Después de m turnos, el vector de las cantidades al final será igual al vector de las cantidades inicial multiplicado por A^m (la matriz A multiplicada por si misma m veces).

$$(...((V^T * A) * A)... * A) = V^T * (A * A * ... * A) \tag{3}$$

Definición 2.3.4. Matriz Estocástica (Dobrow, 2016)

Es una matriz cuadrada (dimensión nxn) que cumple con 2 condiciones. La primera es que todos sus elementos son mayores que 0. La segunda es que, para todas sus filas, la suma de todos los elementos en una fila es igual a 1.

Definición 2.3.5. Degree Centrality & Weighted Degree Centrality (Axler, 2015)

La **centralidad** representa la importancia que un nodo tiene dentro de un grafo. Una manera en la que ésta se mide es con el **grado de centralidad** (*degree centrality*), y el **grado de centralidad con peso**. El Grado de Centralidad representa al número de edges que tienen contacto con un nodo, midiéndose en el **in-degree** (los edges que entran en el nodo), y **out-degree** (los edges que parten del nodo). El grado de centralidad sin peso representaría el peso de los edges que entran en contacto con el nodo, y se mide en el **weighted in-degree** (los que ingresan al nodo) y **weighted out-degree** (los que parten del nodo). Para un grafo con matriz de adyacencia A de (1), la ecuación:

$$\sum_{j=1}^{n} a(i,j) \tag{4}$$

Determina el Out Degree si es una matriz de Adyacencia sin peso, y el weighted out-degree si es con peso. Mientras que la ecuación:

$$\sum_{j=1}^{n} a(j,i) \tag{5}$$

Determina el in-degree para una matriz de adyacencia sin peso y el weighted in-degree para una con peso.

Para una matriz estocástica que es matr, por ejemplo, el weighted out-degree será siempre igual a 1. En casos como estos, se usa para representar el camino más eficiente de un nodo a otro.

Definición 2.3.6. Camino (Dobrow, 2016)

Sea G = (N, E) un grafo donde los nodos son el conjunto N y los Edges el conjunto E. Un

camino sería una serie de edges cuya dirección lleva de un nodo a otro. Puede haber más de un camino entre 2 nodos.

Sean $a, b \in N$. un camino entre estos sería una serie de Edges:

$$(a, i_1), (i_1, i_2), ..., (i_{m-1}, i_m), (i_m, b) \in E \tag{6}$$

De tal manera que $i_1, ...i_m \in N$

El camino simple es el camino donde no se repite ningún nodo. Un ciclo es un camino donde el punto de partida y el de destino es el mismo. Dependiendo del grafo, es posible que todos los nodos del conjunto N estén en el mismo ciclo.

Para una cadena de Markov con A , si partiendo de cualquier nodo, se puede llegar a cualquier nodo (el mismo u otro) por algún camino, la cadena es una cadena **irreducible**. Para un ciclo, el **tiempo de retorno** sería la longitud de este ciclo (la cantidad de edges que toma regresar al punto de partida). A esta misma cadena de Markov se la llama **recurrente** si es que el tiempo de retorno es finito siempre.

Definición 2.3.7. Periodo (Dobrow, 2016)

Sea A la matriz adyacente de una cadena de Markov con nodos S = { 1, ..., n }, donde la matriz A^m (A multiplicada por si misma m veces) es igual a:

$$A^m = \begin{pmatrix} a_m(1,1) & a_m(1,1) & ... & a_m(1,n) \\ a_m(2,1) & a_m(2,2) & ... & a_m(2,n) \\ ... & ... & ... & ... \\ a_m(n,1) & a_m(n,2) & ... & a_m(n,n) \end{pmatrix} \tag{7}$$

El **período** de un nodo i ∈ S sería el mínimo común denominador del tiempo de retorno de todos los ciclos de este nodo.

$$periodo(i) = gcd\{m; a_m(i,i) > 0\} \tag{8}$$

Si el periodo es igual a 1 para todos los nodos, se trata de una cadena aperiódica. Para una matriz irreducible, el que un solo nodo tenga periodo igual a 1 hace a la cadena aperiódica.

Para representar un camino, la matriz del grafo se multiplica por sí misma. en el caso de Markov, esto representaría la probabilidad de cada resultado luego de 2 turnos. Para ver las probabilidades luego de turnos, se multiplica la matriz resultante por la matriz del grafo.

2.4. Eigenvalues & Eigenvectors

Definición 2.4.1. Eigenvalue (Axler, 2015)

Sea V un espacio vectorial sobre los números Reales $\mathbb{R}$, o Complejos $\mathbb{C}$, y L(V) el set de operadores en V tales que $T \in L(V)$ y $x \in V$ significa que $Tx \in V$. El **eigenvalue**, también llamado Valor Propio o Valor Característico, es aquel valor λ tal que para algún $v \in V$ ocurre que $Tv = \lambda * V$. Para calcularlo, sea el operador la matriz M:

$$M = \begin{pmatrix} m(1,1) & m(1,1) & ... & m(1,n) \\ m(2,1) & m(2,2) & ... & m(2,n) \\ ... & ... & ... & ... \\ m(n,1) & m(n,2) & ... & m(n,n) \end{pmatrix} \tag{9}$$

Para que $Mv = \lambda * v$, se requiere que $(M - \lambda * I) = 0$ ("I" es la matriz identidad de dimensión n x n). Los Valores Críticos serían todos aquellos valores λ para los cuales la determinante de $(M - \lambda * I)$ es igual a 0.

$$\|M - \lambda * I\| = \begin{vmatrix} m(1,1) - \lambda & m(1,1) & ... & m(1,n) \\ m(2,1) & m(2,2) - \lambda & ... & m(2,n) \\ ... & ... & ... & ... \\ m(n,1) & m(n,2) & ... & m(n,n) - \lambda \end{vmatrix} = 0 \tag{10}$$

Definición 2.4.2. Eigenvector (Axler, 2015)

Sea V un espacio vectorial sobre $\mathbb{R}$ o $\mathbb{C}$, $T \in L(V)$ y sea $\lambda \in V$ un eigenvalue de T. El **eigenvector**, también llamado Vector Propio o Valor Característico, es aquel vector $v \in V$ tal que $Mv = \lambda * v$.

Para la matriz M de la definición de eigenvalues (11), el valor del eigenvector que le corresponde a un eigenvalue λ_k sería de:

$$v = Null(M - \lambda * I) \tag{11}$$

Null(M) para una matriz M representa a todos los vectores x para los cuales $M * X = 0$.

Definición 2.4.3. Corolario de eigenvalues & eigenvectors. (Axler, 2015)
Para conseguir el eigenvalue y eigenvector derecho "v" de la matriz de Esta explicación es para un eigenvector izquierdo. Sea "v" un vector nx1 que es un eigenvector derecho de la matrix M de (10). Entonces:

$$v^T * M = \lambda * v^T \tag{12}$$

Donde v^T es el vector transpuesto de "v". Se realiza el mismo proceso que para los eigenvalues y eigenvectors de la izquierda, con la matriz transpuesta de M (que es M^T), debido a que:

$$\lambda * v = (v^T * M)^T = M^T * v \tag{13}$$

Se puede obtener algunas propiedades a partir de los eigenvalues y los eigenvectors. En el caso de una matriz de Markov, estas incluyen al vector estacionario.

Definición 2.4.4. Distribución Estacionaria (Dobrow, 2016)
La distribución estacionaria de una cadena de Markov es un vector "est" de dimensión nx1 que se calcula a partir del eigenvector de derecha que le corresponde al eigenvalue de derecha con el mayor valor (será siempre igual a 1) para la matriz adyacente de la cadena de Markov. La distribución estacionaria es igual a este eigenvector derecho por la suma de sus elementos, de manera que la suma de los elementos de la distribución estacionaria son iguales a 1. Multiplicando a este vector por la matriz adyacente (1) de la cadena de Markov se obtiene el mismo vector, ya que el eigenvalue que le corresponde es 1.

$$est^T * A = est^T \tag{14}$$

Definición 2.4.5. Corolario de Distribución Estacionaria (Dobrow, 2016)
Para una cadena de Markov sea **ergódica**, que es **aperiódica**, **irreducible** y **recurrente** (se asume

la recurrencia si es aperiódica, irreducible, y con un número finito de nodos), la distribución estacionaria “est” de (14), representará la distribución de los sectores en la cadena de Markov luego de infinitos turnos. Sea est = $\{est_1$, ..., $est_n\}$, entonces para la matriz de adyacencia A (1) de la cadena de Markov ergódica:

$$\prod_{k=1}^{n} A^k = \begin{pmatrix} est_1 & est_2 & ... & est_n \\ est_1 & est_2 & ... & est_n \\ ... & ... & ... & ... \\ est_1 & est_2 & ... & est_n \end{pmatrix} \tag{15}$$

2.5. Conceptos Adicionales

Definición 2.5.1. Logaritmo Natural (Spivak, 2006)

Sea x $\in \mathbb{R}$. El logaritmo natural es la función ln(x) definida como:

$$ln(x) = \int_1^x \frac{1}{t}\, dt \tag{16}$$

Este es el logaritmo del número de Euler “e”, por lo que se cumple que:

$$e^{ln(x)} = x \tag{17}$$

Definición 2.5.2. Corolario del Logaritmo Natural (Spivak, 2006)

Sea x $\in \mathbb{R}$, & sea y(X) una función en $\mathbb{R}$ ln(y(x)) es el logaritmo Natural de una función y(x). Su derivada será igual a:

$$\frac{dln(y(x))}{dx} = \frac{dy}{y(x)} \tag{18}$$

Definición 2.5.3. Coeficiente de Correlación (Walpole et al., 2012)

Sean n pares de observaciones $(X_1, Y_1), ..., (X_n, Y_n)$. Y sean $\overline{X}$ & $\overline{Y}$ las medias de “X_i” y “Y_i” respectivamente:

$$\overline{X} = (1/n) * \sum X_i \tag{19}$$

$$\overline{Y} = (1/n) * \sum Y_i \tag{20}$$

Si los valores de “X” grandes se juntan con valores grandes de “Y” (o valores menores de “X” con valores menores de “Y”), se dice que la correlación es positiva. Si los valores elevados de “X” se juntan con valores reducidos de “Y” (o viceversa), se dice que la correlación es negativa. El valor de la correlación se determina mediante la ecuación:

$$Corr(X,Y) = \frac{\sum_{j=1}^{n}(X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})}{(\sum_{j=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2)^{1/2} * (\sum_{j=1}^{n}(Y_i - \overline{Y}))^{1/2}} \tag{21}$$

La fuerza de esta correlación se considera débil si es que dependiendo del valor absoluto del Indice. Para “X” y “Y”, se cumple que -1 $\leq$ Corr(X, Y) $\leq$ 1.

1. Si 0 = Corr(X, Y), no hay correlación.
2. Si 0 $\leq$ $\|$ Corr(X, Y) $\|$ $\leq$ 0.2, la correlación es débil.
3. Si 2 $\leq$ $\|$ Corr(X, Y) $\|$ $\leq$ 0.8, la correlación es moderada.
4. Si 8 $\leq$ $\|$ Corr(X, Y) $\|$ $\leq$ 1, la correlación es fuerte.

CAPÍTULO 3

PROCESO Y RESULTADOS

3.1. Información

Para el proyecto, se observan tablas de input-output de los diferentes sectores de producción del Ecuador durante los años 1965 al 1995. Las cantidades en las tablas representan cuanto gasta el sector de la columna en el sector de la fila en millones de Sucres (moneda del Ecuador antes de la adopción del Dólar). La información de las tablas input-output proviene de las Cuentas Nacionales del Banco Central del para los años 1965-1995. (BCE, 1995)

1. Banano, Café, Cacao.
2. Otros productos agrícolas.
3. Productos de origen animal.
4. Productos Silvicolas (provenientes de la tala de los arboles).
5. Productos de la caza y la pesca.
6. Petroleo y gas natural.
7. Productos de refinación de petroleo.
8. Otros productos de la minería.
9. Carnes y pescado elaborado.
10. Panadería y otros Cereales.
11. Azúcar.
12. Productos alimenticios diversos.
13. Bebidas presumiblemente alcohólicas.
14. Tabaco elaborado.
15. Textiles.
16. Madera.
17. Papel e imprentas.
18. Productos químicos de Plástico y Caucho.

19. Productos minerales básicos.
20. Maquinaria, equipo y material de transporte.
21. Otros productos manufacturados.
22. Electricidad, Agua, y Gas.
23. Construcción y obras publicas.
24. Comercio.
25. Transporte.
26. Comunicación.
27. Servicios Financieros.
28. Alquiler de vivienda.
29. Servicios prestados a las empresas.
30. Hoteles bares y restaurantes.
31. Servicios a los hogares.
32. Servicios gubernamentales.
33. Servicio domestico.

Las tablas input-output no presentan información de "Otros productos manufacturados" en los años anteriores a 1983, y "Servicio domésticos" no invierte ni recibe inversión directa de ninguno de los otros sectores industriales en todos los años. Se convierten en grafos las diferentes tablas de input-output para poder visualizar estas transacciones. Utilizando las diferentes medidas de centralidad podemos tener una idea de cuanto están recibiendo los sectores de producción en comparación con los demás. A estos sectores se los separa en áreas, según su naturaleza.

1. Productos Primarios (1 - 8): Es el sector que despega en la enfermedad Holandesa.
    a) Productos Petroleros (6 - 7). El sector que específicamente despegó.
2. Productos elaborados o secundarios: Aquellos que son elaborados a partir de las materias primas y se pueden vender al extranjero. Se lo identifica con el atasque durante la enfermedad Holandesa.
3. Servicios (22 - 33): Servicios al público y pensados para el consumo de la población.

Viendo a las tablas input-output como las matrices adyacentes de un grafo, se utiliza medidas de centralidad para determinar la importancia de un sector dentro del sistema. Estas serían tanto el weighted in-degree (la cantidad total de recursos que reciben de un sector), el weighted out-degree (la cantidad total de dinero que invierten en otros recursos), y el eigenvector que le corresponde al eigenvalue 1 de esta tabla una vez normalizada. Al no interactuar con los otros sectores de manera visible, el sector "Servicios domésticos" no será tomado en cuenta.

También se tienen en cuenta los valores del Petroleo entre los años 1965 y 1995, medida en dólares de Estados Unidos por metro cúbico de crudo, para correccional con la distribución a largo plazo de las diferentes áreas. El precio del crudo experimentó un auge significativo entre 1973 y 1974, otro entre 1978, y una caída entre 1985 y 1986. (Our World in Data, 2024)

3.2. Python

Para procesar los datos, se utiliza el lenguaje de computación Python.

De este, se van a emplear las librerías: pandas, numpy, network, y matplotlib.

```python
import pandas as pd
import numpy as np
from tabulate import tabulate
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt
import math
```

Las tablas cuentan con filas vacías, que se deben de eliminar para realizar los cálculos. Además de convertir los valores de las casillas vacías en 0.

3.3. Procedimiento

Las tablas input-output son matrices adyacentes con peso. El grafo de esta matriz tiene como nodos a los sectores observados, donde los edges parten de un nodo de origen a uno de destino si es que el de destino le compra recursos al de origen. Para una tabla input-output, el peso de los edges es la cantidad que el sector de destino le entrega al sector de origen a cambio de un recurso (el edge parte del sector que posee el recurso hacia el que lo recibe). La matriz que representa esta tabla se la ve como:

$$Matriz\_IO = \begin{pmatrix} IO(1,1) & IO(1,1) & ... & IO(1,n) \\ IO(2,1) & IO(2,2) & ... & IO(2,n) \\ ... & ... & ... & ... \\ IO(n,1) & IO(n,2) & ... & IO(n,n) \end{pmatrix} \tag{22}$$

Donde para los sectores “i” y “j”, IO(i, j) representa en dinero el valor de los recursos que “j” adquiere de “i”. Para formar los grafos en Python y guardar su información, de las tablas input-output para los años entre 1965 y 1995 agrupadas en un array (removiendo las filas sin nodos) se forma otra tabla de 3 columnas representando todos los edges de la operación:

El Vendedor de recursos.	El Comprador de recursos.	El Peso: La cantidad de la transición

Cuadro 3.1: Las 3 columnas de la Tabla de Dirección.

Utilizando esta tabla para formar el grafo, de este se extrae: el in-degree, el out-degree, el weighted in-degree, y el weighted out-degree para todos los años en el periodo de tiempo estudiado. Para una tabla de Input-output, el weighted out-degree representa la cantidad total dinero que este sector adquiere vendiendo sus productos, que sería la suma del valor en las filas. El weighted in-degree sería, en términos de dinero, la cantidad de recursos en total que recibe de los demás sectores, y esto es la suma del valor en una columna. Formando tablas de estos valores, se observa como estos cambian a lo largo del tiempo. Para que el código funcione de manera correcta, los valores de “Otros productos manufacturados” será igual al de 1979 para los años anteriores. Para evaluar los cambios a lo largo del tiempo para los weighted in-degree y los weighted out-degree, se obtiene el logaritmo natural de estos valores. Siguiendo lo establecido en la ecuación (18):

$$dy = \frac{dln(y(x))}{dx} * y(x) \tag{23}$$

Donde dx representa a una pequeña diferencia entre los 2 valores de la variable “x” & dy es la diferencia entre los valores de “y” ante esta diferencia en el valor de x (igual que dln(y(x)) indica la diferencia entre los ln(y(x)) ante la diferencia dx en el valor x). Sea “x” el año de la tabla y “y(x)” el weighted in-degree de ese año; el cambio porcentual en el valor de y(x) para este año ante una variación de "dx" en el valor de x sería de: (Wooldridge, 2010)

$$\frac{dln(y(x))}{dx} * 100 \tag{24}$$

Se observan los cambios para cada año, por lo que dx = 1, y dln(y) es la diferencia en los valores del logaritmo de entre 2 años consecutivos. Se realiza el mismo proceso para calcular el weighted out-degree (este pasando a ser el valor de y(x)). [1]

3.3.1. Cadena de Markov

Normalizando la matriz "Matriz_IO" de (20) que es una tabla input-output, se consigue otra matriz adyacente. Sea esta matriz "P":

$$P = \begin{pmatrix} p(1,1) & p(1,2) & ... & p(1,m) \\ p(2,1) & p(2,2) & ... & p(2,m) \\ ... & ... & ... & ... \\ p(m,1) & p(m,2) & ... & p(m,m) \end{pmatrix} \tag{25}$$

Donde para todos los sectores "i" y "j", el valor de p(i,j) es la probabilidad de que un recurso del sector "i" termina en el sector "j".

$$p(i,j) = \frac{IO(i,j)}{\sum_j^n IO(i,j)} \tag{26}$$

Esta, sin embargo, no es una matriz Estocástica, pues el valor de las filas en algunas de las tablas es igual a 0, indicando que sus recursos no pasan a otros sectores de manera directa o significante.

Se puede obtener matrices estocásticas "comprimiendo" las tablas input-output". "Comprimir" consiste en formar otras tablas de input-output con 4 áreas: petrolera (6-7)[2], los demás productos primarios (1-5, 8), productos elaborados o secundarios (9-21), y los servicios (22-33). No se toma en cuenta los valores de "Otros productos manufacturados". La tabla resultante sería:

El valor de b(X,Y) representa en términos de dinero, cuantos recursos del área "X" pasan al área "Y". Observando la tabla de input-output de (20), y sea "j" parte del área "X" y "j" parte

[1]Revisar el Anexo C.1.: Códigos de Weighted In-Degree & Weighted Out-Degree
[2]Revisar los números de los sectores en la información

Area	0	1	2	3
(0) Petrolera	b(0,0)	b(1,1)	b(0,2)	b(0,3)
(1) Primaria	b(1,0)	b(1,1)	b(1,2)	b(1,3)
(2) Secundaria	b(2,0)	b(2,1)	b(2,2)	b(2,3)
(3) Servicios	b(3,0)	b(3,1)	b(3,2)	b(3,3)

Cuadro 3.2: Tabla input-output comprimida.

del área “Y”. El valor de b(X, Y) sería igual a:

$$b(X, Y) = \sum_{i \in X}^{n} (\sum_{j \in Y}^{n} (IO(i, j))) \tag{27}$$

Normalizando esta matriz, se tiene una matriz que es tanto Estocástica como Ergódica. El eigenvector que le corresponde al eigenvalue igual a 1 de la matriz normalizada será la distribución de los recursos por cada uno de las 4 áreas luego de infinitas transacciones a lo largo de un año. Formando una tabla para estos valores a lo largo de los años 1965-1995, se aprecia como esta cambia a lo largo del tiempo. Utilizando las cantidades del precio del metro cúbico del petroleo a lo largo de este período de tiempo, se calcula su correlación con las distribuciones de los sectores a lo largo de los años. Esta correlación se calcula de manera separada para 4 periodos según el valor en alza o caída del precio del crudo: 1965-1973, 1974-1978, 1979-1985, y 1985-1995. [3]

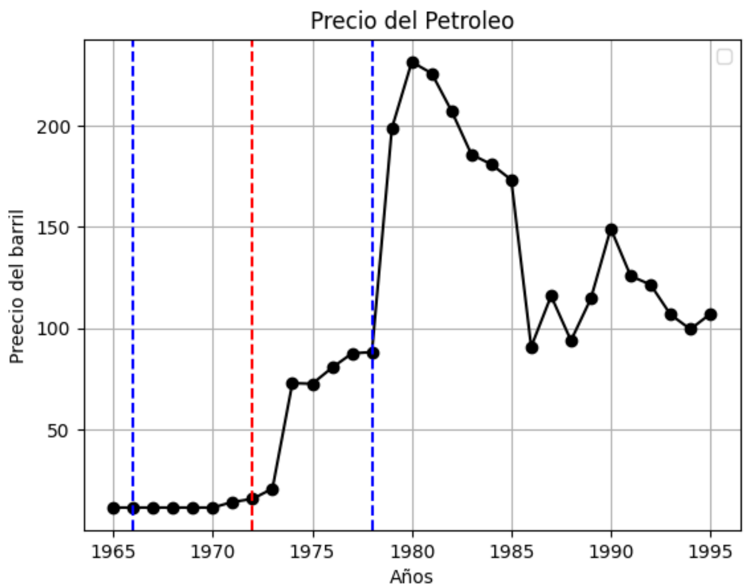

Figura 3.1: Precios del metro cúbico del petroleo entre 1965 y 1995.

[3] Revisar Anexo A: Figuras del Crecimiento porcentual.

3.4. Resultados y Análisis

Como se ve en el Cuadro 5.1 del anexo A, el sector de Petroleo y Gas venden la mayor parte de sus recursos al de “productos de refinación del petroleo”. El sector de “productos y refinación del petroleo”, por su parte (Cuadro 5.2 del anexo A), invierten sus recursos principalmente en el sector del transporte. Las excepciones ocurren entre 1980 y 1985, además de 1987, donde es superado por la inversión en el mismo sector. También invierten significativamente en el sector del agua y el gas a partir de los años 1970s.

Esto se observa también en la Figura 3.2, que representa el grafo del año 1974, dos años después del inicio del Boom petrolero, y año cuando empezó el alza en el precio del crudo. En la representación, el grosor de los edge se normalizan de una manera en las que su ancho representa, en una escala en un rango entre 0 (menor relevancia) u 8 (la diferencia entre el valor y el mínimo dividida por la del máximo con el mínimo en el edge), el peso de las interacciones (cuantos recursos adquiere el nodo que recibe del nodo de origen).

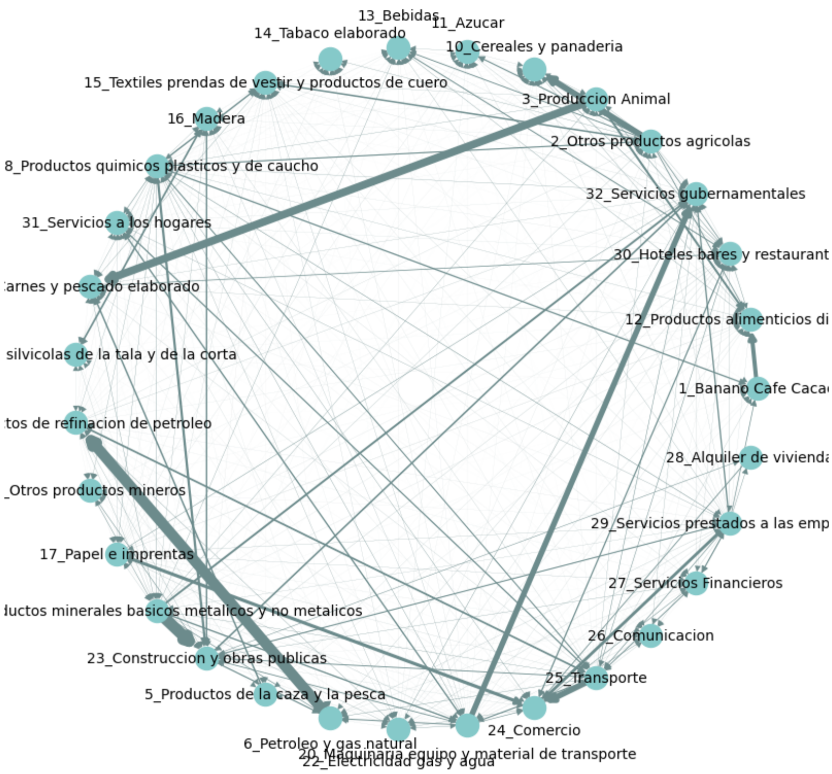

Figura 3.2: Grafo de la Tabla input-output en el año 1974

En el grafo se observa como el sector del “Transporte” invierte la mayor parte sus recursos en en el “Comercio”, interactuando además con “Maquinaria y equipo de Transporte”. Este sector también es alimentado por el de “Productos químicos y caucho”.

Se puede observar en las Figuras 3.3, 3.4 y 3.5, como con el tiempo, en su gran mayoría aumenta la cantidad de weight in-degree en los diferentes sectores. [4] En los sectores de producción primaria (Figura 3.3), el weighted in-degree es significativamente mayor para el Área Petrolera (“Petroleo y Gas Natural” & “Productos de Refinación del Petroleo”) comparado con los demás en esta categoría. Son los sectores de esta área, los que más se nutren con los recursos del sistema. Este despegue (Figura 5.1) coincide con el Boom petrolero, cuando el área del gas y el petroleo desarrollo su industria. De esta manera **se cumpliría** con las características del **Efecto de Movimiento de Recursos** (primer efecto de la Enfermedad Holandesa). El año del Boom es el año del mayor aumento porcentual en el weighted in-degree para estos 2 sectores. Pasando por un periodo de falta de crecimiento alrededor de los años 80, ante una crisis petrolera. [5]

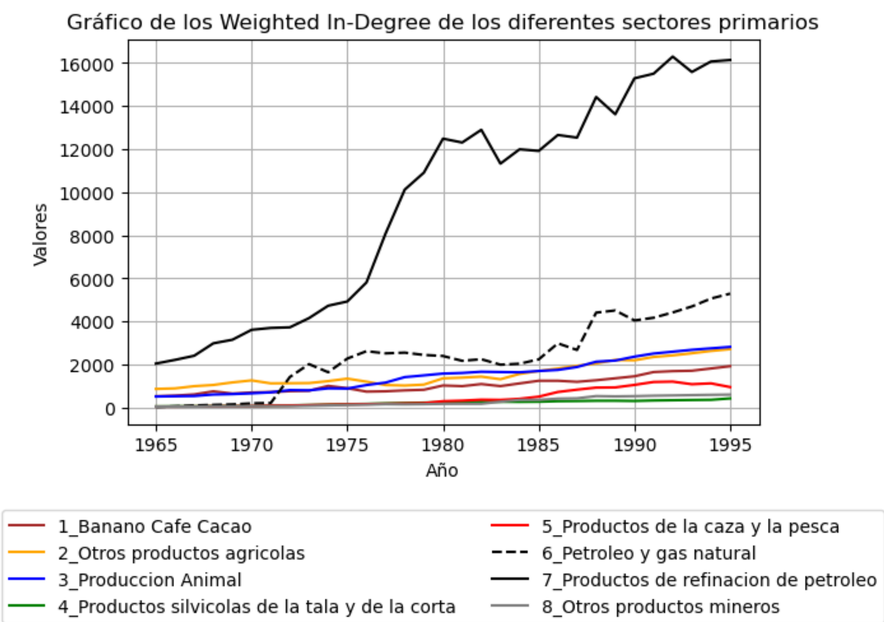

Figura 3.3: Weighted in-degree de los productos primarios entre 1965 - 1995.

En el sector de los servicios (Figura 3.4) , ocurre que los 4 sectores con el weighted in-degree más elevados son: “Servicios Gubernamentales”, “Comercio”, “Construcción y obras públicas”, y “Transporte”. “Productos de refinación del petroleo” vende sus recursos a todos los sectores de servicios, excluyendo “Alquiler de vivienda”, principalmente “Transporte”. Los sectores estudiados presentan además vínculos entre sí, como Transporte vendiendo principalmente sus recursos a “Comercio”, que se alimenta de “Servicios prestados a empresas”.

[4]Revisar Anexo A: Cuadro 5.3.
[5]Revisar Anexo A: Cuadro 5.4.

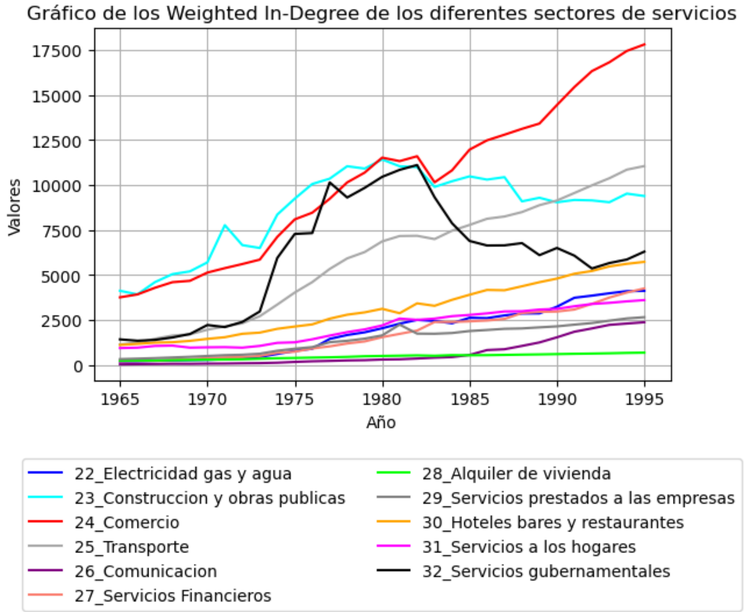

Figura 3.4: Weighted in-degree de los servicios entre 1965 - 1995.

Los weighted in-degree de los servicios pasan, además, por significantes aumentos porcentuales en los años que siguieron al boom petrolero. El que los servicios aumente su necesidad de recursos se representaría una mayor consumo de estos recursos, que es parte del Efecto del Aumento de Gastos. El sector Gubernamental es aquel que presenta más subidas y bajadas drásticas en su weighted in-degree (Figura 5.3).

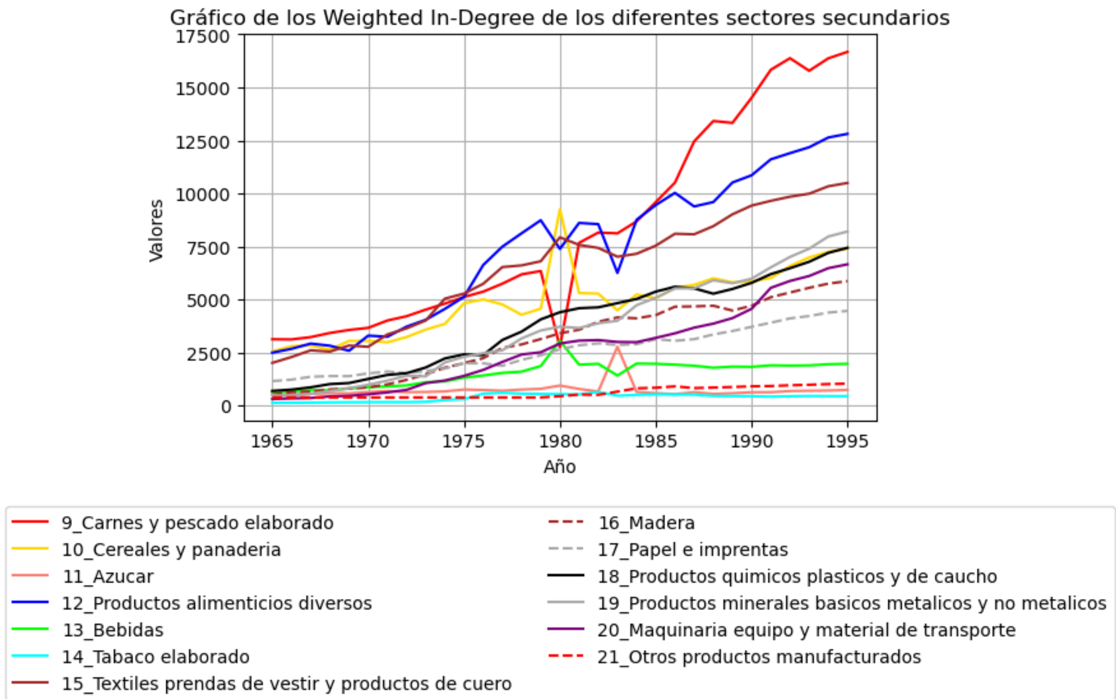

Figura 3.5: Weighted out-degree de los productos primarios entre 1965 - 1995.

En el area de los productos elaborados (Figura 3.5), se observa un crecimiento del weighted in-degree en la mayoría de los sectores a lo largo del tiempo, menos notable con el azúcar (a pesar de su aumento porcentual de un , Tabaco elaborado, y “Otros Productos”. Se notan aumentos y reducciones significativas en el sector del Tabaco elaborado y en el del azúcar, pues al no ser de un weighted in-degree muy elevado comparado con el resto,estos cambios serían más notables. “Carnes y pescado elaborados” es el sector con el weighted in-degree más elevado desde 1965 hasta antes de 1974, y lo sigue siendo durante la última década estudiada, estando entre los 3 más elevados durante el resto de los años. La excepción es en 1980, cuando cayo un 83.62 % comparado con el año anterior, y subiría un 102.67 % el año siguiente (Figura 5.2). La industria camaronera aparecería en Ecuador en 1969, y tendría su propio boom. (Zapata Cortez et al., 2021)

Observando el weighted out-degree de los años 1965-1995 en las Figuras 3.6, 3.7 y 3.8, se nota que hay algunos sectores para los cuales este valor es 0: “Tabaco elaborado”, “Comercio”, y “Servicios Gubernamentales”. Esto indicaría que estos sectores no contribuyen de manera significativa con el resto de sectores en el sistema, con una explicación siendo como sus productos están pensados para el consumo del público. [6]

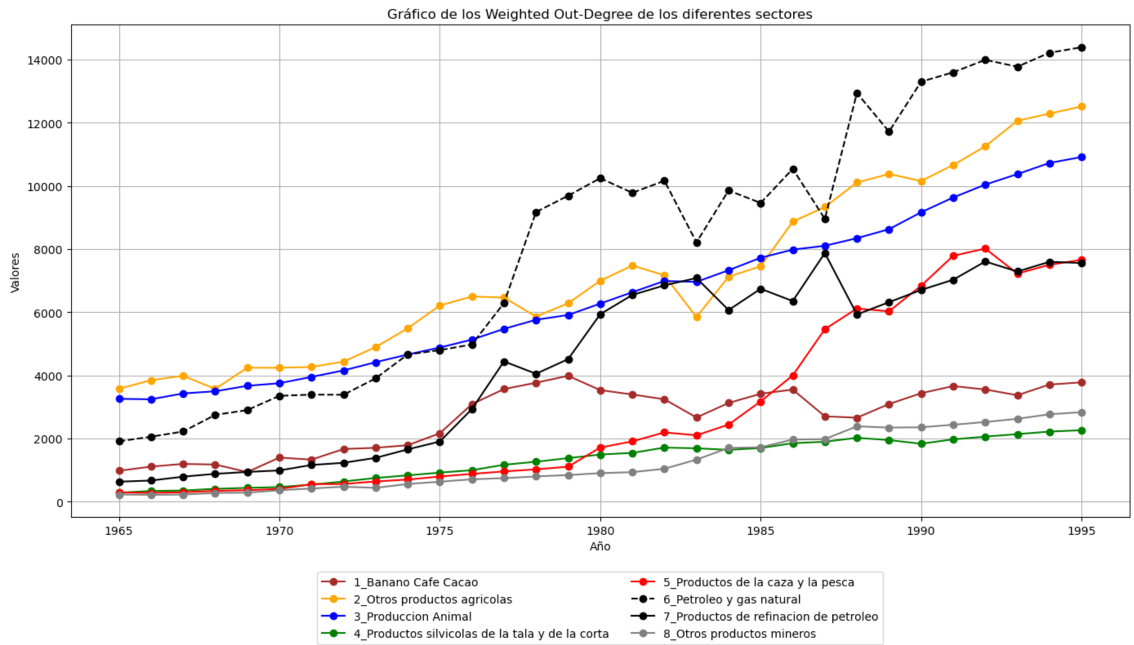

Figura 3.6: Weighted out-degree de los productos primarios entre 1965 - 1995.

En La Figura 3.6, se puede observar como el sector de Petroleo y Gas Natural, es uno de los 3 sectores con el weighted out-degree más elevado a lo largo de los años observados. Después

[6] Revisar Anexo A: Cuadro 5.5.

de 1979, año de una alza en el precio del crudo, pasa a ser el más elevado, con la excepción de 1987, año que transcurre durante la segunda caída e el precio del crudo. El sector de productos de refinación del petroleo tendía su mayor caída de un año al otro en 1988, también durante la caída del precio del Crudo (Figura 5.4). [7]

En el sector de los productos elaborados (Figura 3.7), la crecida de este es más visible con El sector de “Carne y Pescado elaborado”, el weighted out-degree es el de “Carne y pescado elaborado”. Durante la mayor parte de los años observados, el segundo sector más elevado es el de “Productos químicos, plásticos y de caucho”, que alimenta al sector “Transporte” (que es alimentado por el sector “Productos de refinación del petroleo”) y al de Comercio (al que también alimenta el sector “Transporte”). El mayor aumento porcentual de un año a otro le corresponde al sector “Maquinaria, equipo y material de transporte”, que ocurre en 1979, superando el 60 % (Figura 5.5).

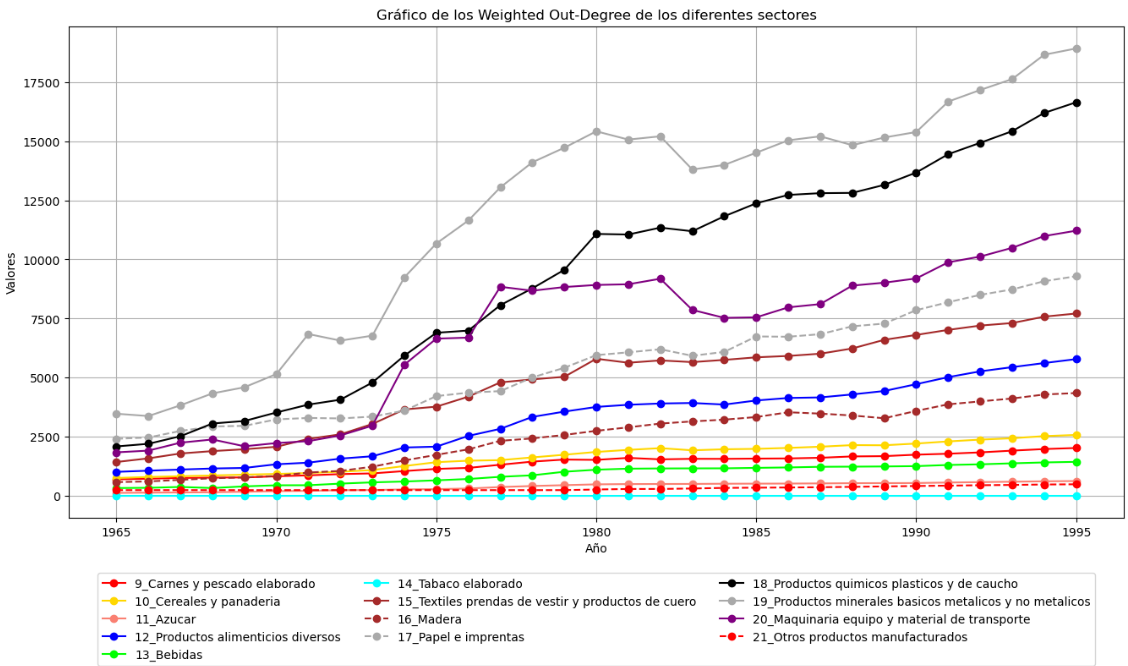

Figura 3.7: Weighted out-degree de los productos elaborados entre 1965 - 1995.

En cuanto a los servicios (Figura 3.8), los dos sectores con el weighted out-degree más elevado son el de “Servicios Prestados a las empresas”, y “Transporte”. El sector “Transporte” es el sector no petrolero que recibe más inversión de parte del sector de Productos Refinados del Petroleo. El mayor cambio corresponde a un aumento en un aumento en un 81.2998 % en 1972 en “Construcción y obras públicas” (Figura 5.6). El año 1983 también representó una caída en

[7]Revisar Anexo A: Cuadro 5.6.

el weighted out-degree de varios de los sectores de servicios.

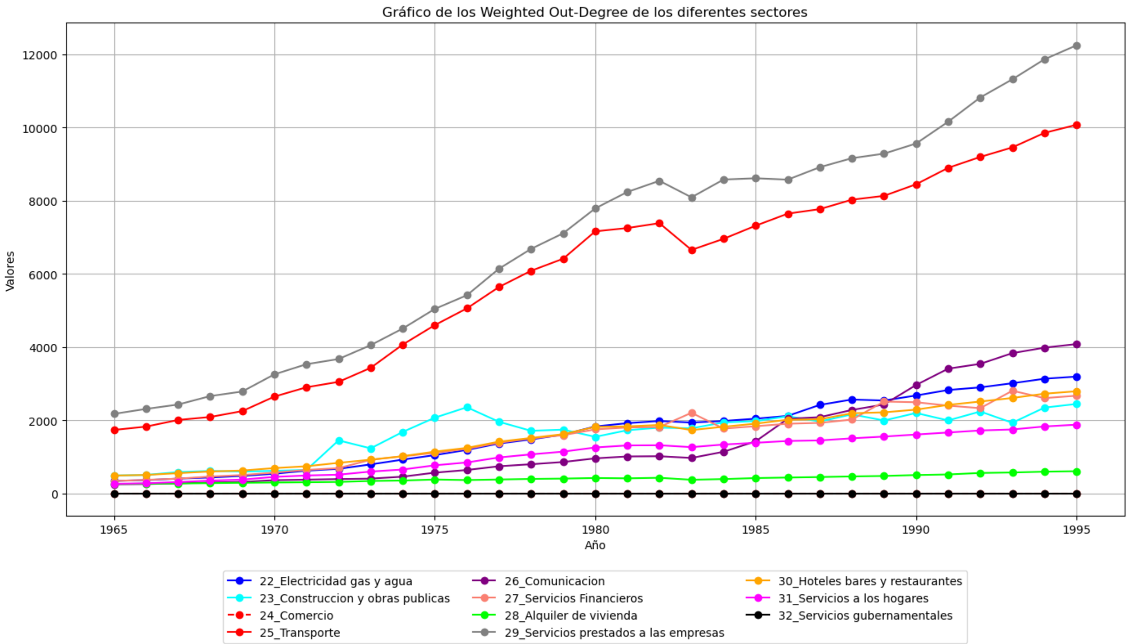

Figura 3.8: Weighted out-degree de los servicios entre 1965 - 1995.

Si se observan los sectores que presentan cambios de un año al siguiente de más de un 20 % (positivo o negativo) en el weighted out-degree, se tienen 21 casos en el sector primario, 6 casos en el sector secundario, y 8 casos en el sector de servicios. La falta de cambios drásticos en el servicios y el secundario sería en como el primero está pensado para Nutrir al público, mientras que el primario lo está para alimentar a los demás sectores. Esta falta de cambio en el sector secundario indicaría una falta de ganancia o perdida drástica en los ingresos por el comercio interno.

3.4.1. Cadena de Markov & Eigenvectors

Con las distribuciones estacionarias normalizadas de los años observados (Figura 3.9), se puede observar como el sector de servicios es el que, a largo plazo, contará con la mayor distribución de recursos a lo largo de todos los años. Siendo pensados para el consumo del público, los recursos de este sector pueden no regresar al sistema (y por lo tanto, distribuirse entre los demás sectores). Los productos del sector secundario alimentan al sector de los servicios, y los productos elaborados alimentan tanto a los servicios y son usados para manufacturar. Esto explicaría la diferencia en los niveles de distribución. Esto contribuye en que cuenten con la mayor distribución. Habiéndose reducido durante el año del boom en 1972, de 68.32 % el año anterior a 57.35 %, y subiendo entre 1974 (año de la subida del precio) de 56.22 % el año anterior a 62.63 %. Vuelve a reducirse de manera notable en 1987, después de la caída del petroleo en 1986.

En los demás sectores, un aumento en la distribución de recursos a largo plazo representa un aumento en la cantidad de recursos con los que se cuenta, al final del sistema. Una manera de ver estos cambios es como aquellos bienes que no fluyen devuelta en el sistema, sino que se venden al extranjero. Este sería el caso del sector petrolero, que inicia con una distribución de 1.16 % en 1965, y con una de 2.66 % en 1971, esta pasa a 9.10 % en 1972 y alcanza su valor máximo en 1972, con 10.11 %. A partir de este año, los recursos cuentan con una probabilidad de terminar en el sector petrolero con el total del resto del sector primario (o superior, como entre 1973 y 1980). El que la proporción no sea la misma no significa necesariamente que disminuya la riqueza con la que se cuenta, pues tanto los recursos que se adquieren como los que se venden tienden a aumentar en cantidad con los años.

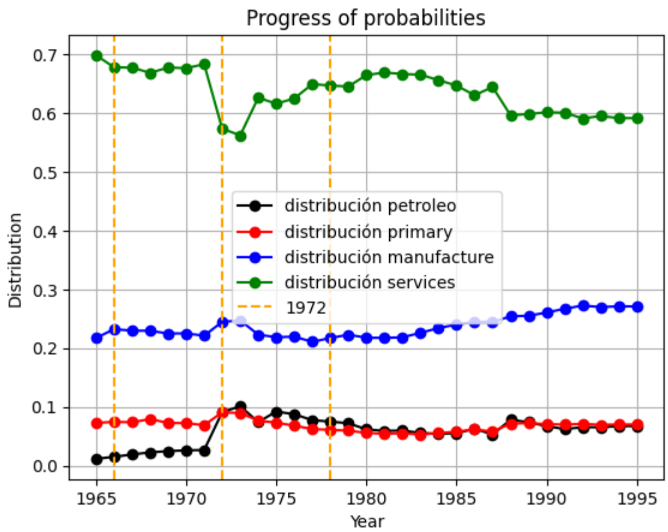

Figura 3.9: Distribuciones Estacionarias para eigenvalue de 1 entre los años 1965 y 1995.

Hay razones como para considerar esta situación como un caso de la enfermedad Holandesa. El sector en despegue está adquiriendo un mayor nivel de recursos que el resto, El sector de los servicios se encuentra recibiendo una mayor cantidad de los recursos, independiente del año, y el sector de producción de manifacturas no cuenta con aumento drásticos en su demanda, con ciertas excepciones.

Separando los años por las eras de aumento o reducción en precio del Petroleo, los valores de correlación del precio del metro cubico del crudo con las Distribuciones a largo plazo son de:

Periodo	1965-1973	1974-1978	1979-1985	1986-1995
Área Petrolera	91.14 %	-43.8029	38.9711 %	-20.3064 %
Área Primaria	74.401 %	-97.9506 %	-18.4336 %	19.5936 %
Área Secundaria	75.2596 %	-74.1261 %	-89.5508 %	20.32487 %
Área Servicios	-87.8198 %	91.8398 %	61.0066 %	-9.7172 %

Cuadro 3.3: Tabla De las correlaciones según los periodos de tiempo.

Siguiendo los criterios establecidos, la fuerza y realción de las constelaciones serían las siguientes:

Periodo	1965 - 1973	1974 - 1978	1979 - 1985	1986 - 1995
Área Petrolera	Fuerte	(-) Moderada	Mod. Debil	(-) Mod. Debil
Área Primaria	Mod. Fuerte	(-) Fuerte	(-) Debil	Debil
Área Secundaria	Mod. Fuerte	(-) Mod. Fuerte	(-) Fuerte	Mod. Debil
Área Servicios	(-) Fuerte	Fuerte	Mod. Fuerte	(-) Débil

Cuadro 3.4: Fuerza de las correlaciones entre las distribuciones y el precio del Petroleo

En los años 1974-1985 (posteriores al boom), para sector de los servicio, la correlación es positiva está entre Fuerte y moderadamente fuerte, indicando el incremento de del valor del bien en boom ocurrió al la vez en un incremento en la riqueza con la que cuenta este sector. Coincide con la condición del Efecto de Gasto de la Enfermedad Holandesa, si se ve esto como un aumento en la el dinero de gente que se beneficia de el comercio del petroleo permitiéndoles contar con una mayor cantidad de servicios (por lo tanto aumentando la necesidad de recursos de estos servicios).

Con el sector secundario, la correlación en los años inmediatamente después del boom es fuertemente negativa. Esto cumpliría con las condiciones de la enfermedad Holandesa, en la que este sería el sector en atasque, perjudicado en las exportaciones por el boom del petroleo.

En el sector primario no petrolero, la correlación es moderadamente fuerte y positiva en los años que llevan o al principio del Boom. Pasa a ser fuertemente negativa entre 1974 y 1978, cuando el sector petrolero pasa a competir con este, se vuelve débil entre 1979 y 1995. Encajaría con la condición de un aumento en el consumo de materia prima de la Enfermedad Holandesa, mientras que hay una reducción con los sectores que compiten con el boom. Para el sector petrolero, en los años que llevan al boom del 1972, e inmediatamente después, hay una fuerte correlación entre el valor del precio del petroleo con la distribución que recibe el sector Petrolero. Esto puede ser resultado del boom, que representó una elevación en esta distribución. La correlación pasa a ser moderada y negativa durante el boom mismo, y moderada positiva aproximándose a la crisis de los 1980s, cuando una caída ocurre durante una reducción de precio.

En términos generales, el la correlación entre el precio del petroleo entre 1986 y 1995 pasa a debilitarse.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES & RECOMENDACIONES

El estudio sirvió como una oportunidad para aplicar el conocimiento matemático en el análisis de un suceso relevante para la la historia de un país. Aplicando el concepto de los grafos a las tablas de input-output permite observar el sistema económico, como los recursos fluyen de un sector a otro en un año, cuales venden más a los otros sectores y cuales adquieren más riqueza en recursos. Tratando como cadenas de Markov a las transacciones en un año, se tiene una idea de como a largo plazo se distribuyen los recursos durante un año. Se determina la importancia de estos sectores para ese año en particular. Observando esto para los años 1965-1995, se ve como esta importancia cambia a lo largo del tiempo ante sucesos como subidas o bajadas en el precio del crudo, además de su correlación.

El porcentaje de cambio relativo al año anterior permite años en particular donde se los valores de una de las medidas de centralidad cambió drásticamente. Ciertos sectores experimentan cambios más drásticos, como el sector primario en los weighted out-degree. O las diferentes subidas y bajadas en el crecimiento del weighted in-degree del sector servicios. Realizando el trabajo por computadora también sirve como manifiesto de la importancia de la programación para procesar grandes cantidades de datos, sino también para presentarlos de manera que se los pueda entender.

El procedimiento permite ver el cumplimiento de condiciones asociadas de la Enfermedad Holandesa en el Ecuador tras el Boom Petrolero de 1972. Para el Efecto de Movilidad de Recursos, al nutrirse el sector en despegue con recursos durante el boom, visto en el aumento del weighted in-degree y de la distribución a largo plazo en el año del boom. Para el Efecto de Gastos, se observa como el sector de los servicios también se nutre de recursos durante la época del boom, y como mantiene una correlación positiva Fuerte con el precio del crudo en la época de el despegue. Y observando el sector secundario, este ve una correlación negativa en su distribución de recursos a largo de los períodos de 1965-1973 y 1974-1978.

Como planes para el futuro, se puede investigar más los efectos de los otros sucesos ocurridos en la época. Incluiría la inflación y la caída del Sucre, moneda del Ecuador antes de la dolarización. Además de observar a profundidad sobre otros sectores industriales que hayan despegado durante los años cubiertos, como el desarrollo de la industria camaronera a partir de 1969. Algunos de los productos del sector secundario, además de venderse en el exterior, también se consumen dentro del país de manera directa o indirecta, como los alimentos (cereales, azúcar, carne, bebidas, etc.), los productos químicos, los textiles, etc. Se ha de filtrar cuales de los recursos de los sectores van al extranjero y cuales regresan al país. También se debe de buscar cuales sectores que reciben recursos son adquiridos, pero no utilizados. Y establecer diferencias entre los productos que ofrece un sector (puede que otro sector requiera uno, pero no el otro).

BIBLIOGRAFÍA

Axler, S. (2015). *Linear algebra done right*. Springer.

BCE (1995). *Cuentas Nacionales - 1965-1995*, volume 3. Banco Central del Ecuador.

Cardoso, P. and Chavez, H. (2023). Booms petroleros, quimeras de transformación productiva y el retorno de washington. balance de un medio siglo de economía ecuatoriana (1970-2020). *Revue internationale des études du développement*, (251):203–233.

Dobrow, R. P. (2016). *Introduction to stochastic processes with R*. John Wiley & Sons.

Fontaine, G. (2002). Sobre bonanzas y dependencia petróleo y enfermedad holandesa en el ecuador. *Iconos. Revista de Ciencias Sociales*, (13):102–110.

Kreyszig, E. and ODEs, F.-O. (2009). Advanced engineering mathematics.

Lotfi, B. and Karim, M. (2016). Dutch disease and changes of the productive structure in moroccan economy. an analysis using vecm. *Advances in Management and Applied Economics*, 6(4):25–44.

Lutter, S., Giljum, S., and Bruckner, M. (2016). A review and comparative assessment of existing approaches to calculate material footprints. *Ecological Economics*, 127:1–10.

Neto, F. R. L. and Cantarino, N. M. (2016). The physiological roots of the tableau économique. In *Anais do XLIII Encontro Nacional de Economia [Proceedings of the 43rd Brazilian Economics Meeting]*, number 002. ANPEC-AssociaÃ §.

Núñez, J. et al. (1976). Ecuador: Petróleo y contradicciones. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 7(27).

Ocampo, L. (2005). El manejo óptimo de la “enfermedad holandesa” para ecuador. *Cuestiones Económicas*, 21(3):70–70.

Our World in Data (2024). Oil price - crude prices since 1861. Accessed: December 27, 2024.

Smith, D., Eggen, M., and Andre, R. S. (2010). *A Transition to Advanced Mathematics*. Cengage Learning, 7th edition.

Spivak, M. (2006). *Calculus*. Cambridge University Press.

The Economist (1977).

van Leeuwen, E. S., Nijkamp, P., and Rietveld, P. (2005). Regional input-output analysis. In *Encyclopedia of social measurement*, pages 317–323. Elsevier.

Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L., Ye, K., et al. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*, volume 53. Pearson educación México.

Wooldridge, J. (2010). Introducción a la econometría. 4ta. *Edición. Cengage Learning*.

Zapata, C. (2025). Tesis$_{c}ode. Accedidoel9deenerode2025.$

Zapata Cortez, C. G. et al. (2021). Metodologías aplicables a la valoración no monetaria de servicios ecosistémicos en estuarios tropicales.

CAPÍTULO 5

ANEXOS

5.1. Anexo A. Las Tablas.

Sector	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	1	1	1	4	4	4	10	12	12	12	11	10	10	8	11	20	34	36	37	51	40	33	44	42	33	36	36
7	1909	2055	2220	2746	2898	3348	3387	3379	3893	4651	4777	4953	6262	9145	9659	10215	9752	10134	8173	9809	9392	10470	8889	12856	11643	13229	13518	13913	13705	14142	14317
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	1	1	1	1	2	2	2	8	7	12	13	16	18	20	21	20	22	27	28	34	35	32	35	38	39	37	38	39	40	40
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 5.1: Tabla de los sectores se alimentan del sector Petrolero y Gas a lo largo de los años.

Sector	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	2	3	3	3	2	3	3	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	29	28	34	34	39	38	40	39	35	47	45	46	40	36	36	41	46	43	34	43	45	52	54	60	63	63	65	68	69	72	74
3	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	13	15	16	19	20	18	22	26	29	34	38	41	46	52	57	62	64	70	69	69	71	78	80	83	81	78	83	86	89	91	93
5	15	15	17	21	22	22	33	34	38	46	52	56	60	68	74	109	120	136	132	153	191	229	304	343	339	381	422	437	399	414	426
6	0	1	2	2	2	2	2	14	22	14	18	25	25	25	22	24	20	21	18	19	21	32	30	51	55	48	52	53	57	61	62
7	6	7	10	14	10	8	9	11	22	21	20	718	1649	788	1063	2047	2344	2543	2962	1966	2320	1963	3431	1308	1733	1788	1690	2089	1582	1606	1458
8	5	5	5	6	6	6	7	7	8	11	15	16	19	18	15	16	16	16	25	33	33	38	39	48	47	47	49	50	51	52	53
9	7	7	7	7	8	7	9	9	12	14	15	16	22	26	37	44	47	50	51	52	55	62	72	74	72	77	84	87	83	86	88
10	4	5	5	5	5	5	5	6	7	8	12	13	10	12	13	14	15	15	13	14	13	14	15	16	15	15	15	16	17	18	18
11	13	13	15	18	18	17	21	19	20	19	23	22	35	55	51	55	52	39	35	41	39	35	38	33	35	38	38	38	39	40	41
12	11	13	14	15	13	15	15	17	20	22	26	33	40	44	62	62	64	65	60	66	69	70	65	70	72	75	78	80	82	85	86
13	6	7	7	7	8	7	9	9	12	14	17	19	19	24	27	29	29	30	29	29	29	28	29	27	28	29	31	32	32	33	33
14	1	1	2	2	2	2	2	2	3	4	4	7	7	7	5	5	5	6	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
15	11	13	16	17	18	18	22	24	22	28	34	38	39	47	49	54	55	55	54	56	57	57	57	60	63	65	66	66	37	69	70
16	2	3	3	3	4	4	4	5	6	8	8	9	11	13	18	19	20	22	23	22	23	25	25	24	23	24	26	27	28	29	30
17	8	10	11	12	11	11	13	13	16	19	21	22	26	29	28	33	35	36	35	36	39	39	40	43	43	48	50	53	54	56	57
18	30	34	43	47	53	56	70	69	72	80	80	78	93	102	134	147	155	154	165	165	175	182	179	172	185	196	209	218	228	243	251
19	23	22	28	37	42	48	59	69	71	89	91	102	106	141	156	165	178	186	177	206	222	229	222	243	214	232	253	276	292	316	325
20	1	1	1	1	1	1	2	2	5	8	9	11	14	17	19	22	23	23	22	22	24	26	28	30	33	36	44	47	49	52	53
22	45	47	56	62	69	69	79	93	106	136	170	196	523	651	701	792	956	1032	910	663	831	644	585	599	529	721	962	980	1004	1034	1090
23	51	48	61	65	69	67	95	81	79	101	104	112	113	127	127	134	134	134	121	125	128	127	129	112	115	106	107	107	105	111	109
24	10	11	11	13	12	12	14	15	17	21	23	24	27	29	30	33	33	34	29	30	32	33	34	35	36	38	40	42	43	45	46
25	271	292	352	392	420	450	523	563	639	777	931	1168	1322	1528	1555	1728	1807	1812	1791	1939	2014	2090	2123	2183	2257	2306	2378	2479	2661	2783	2782
26	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	5	5	5	6	6	7	8	9	10	14	15	18	20	23	25	30	34	38	38	49	50	51	46	52	42	46	52	60	65	70	74
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	9	10	11	13	13	13	15	16	15	19	21	23	28	32	36	41	44	43	43	44	46	46	47	47	48	48	49	51	53	56	57
30	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
31	14	14	16	17	17	16	17	17	18	19	19	21	24	28	30	34	37	39	40	43	44	45	46	46	47	47	49	51	52	53	54
32	36	33	33	37	44	60	56	51	73	71	83	88	113	116	131	183	200	194	190	166	154	142	140	154	126	137	120	97	102	105	113

Cuadro 5.2: Tabla de los sectores se alimentan del sector Productos de refinación del Petróleo a lo largo de los años.

Sector	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	521	551	606	750	645	695	716	758	777	1001	895	736	751	794	822	1021	990	1087	992	1117	1241	1240	1192	1264	1355	1448	1645	1688	1706	1811	1916
2	860	886	989	1045	1164	1257	1120	1126	1133	1224	1339	1199	1041	1019	1062	1353	1386	1433	1311	1558	1694	1810	1932	2049	2208	2192	2345	2419	2517	2625	2709
3	510	524	533	602	622	657	703	808	796	888	878	1041	1155	1410	1490	1574	1603	1659	1645	1633	1695	1744	1879	2126	2179	2360	2505	2590	2678	2747	2812
4	47	55	57	67	69	55	83	96	113	135	153	165	188	204	221	242	247	269	266	261	268	293	300	312	313	303	324	335	347	356	421
5	41	40	45	56	58	60	85	90	107	126	143	156	168	185	200	290	316	361	351	402	502	719	827	923	932	1048	1184	1201	1079	1119	947
6	22	53	93	121	145	190	207	1416	2013	1637	2271	2614	2513	2547	2440	2390	2167	2241	1987	2032	2234	2977	2672	4405	4505	4042	4167	4413	4691	5059	5287
7	2039	2211	2402	2979	3147	3607	3694	3722	4151	4725	4923	5806	8082	10118	10907	12486	12305	12896	11326	11991	11916	12656	12533	14420	13617	15287	15502	16296	15581	16070	16138
8	40	43	41	52	52	55	62	61	76	95	116	129	152	145	153	168	170	171	268	350	353	410	425	529	516	526	547	560	574	587	598
9	3117	3109	3218	3413	3555	3655	4001	4203	4515	4799	5112	5365	5740	6178	6337	2746	7666	8151	8115	8680	9589	10507	12449	13415	13327	14511	15832	16378	15785	16373	16677
10	2548	2791	2822	2627	3040	3043	2974	3220	3574	3841	4814	4997	4760	4273	4560	9252	5298	5271	4483	5230	5054	5541	5682	5994	5805	5844	6002	6574	6976	7242	7396
11	528	513	545	576	562	631	673	622	630	658	744	722	688	744	779	934	773	651	2766	629	574	526	621	539	570	618	618	674	688	698	727
12	2485	2666	2914	2813	2575	3288	3236	3711	4035	4550	5120	6621	7487	8116	8733	7380	8606	8549	6248	8756	9450	10024	9384	9590	10514	10854	11606	11898	12177	12637	12808
13	631	661	710	716	791	854	895	939	1091	1131	1306	1408	1530	1590	1853	3046	1920	1960	1404	1972	1960	1920	1868	1774	1826	1815	1888	1874	1884	1939	1959
14	117	119	127	138	144	151	153	151	168	252	293	549	594	551	537	527	515	631	456	492	516	506	503	441	438	431	410	429	442	435	434
15	2003	2278	2596	2533	2822	2762	3344	3631	4003	5034	5272	5735	6524	6602	6797	7927	7569	7427	7013	7151	7533	8095	8069	8452	9012	9425	9648	9843	9985	10335	10492
16	501	622	646	751	795	849	988	1199	1466	1774	1987	2226	2712	2873	3127	3398	3567	3942	4147	4106	4255	4653	4667	4698	4473	4700	5102	5322	5544	5742	5859
17	1144	1212	1347	1381	1375	1507	1592	1518	1621	1734	1986	1982	1867	2145	2362	2649	2831	2928	2848	2886	3122	3045	3121	3345	3506	3704	3898	4102	4212	4376	4456
18	681	742	849	1002	1051	1245	1433	1514	1784	2212	2403	2370	3085	3477	4054	4392	4582	4623	4821	5018	5365	5595	5519	5267	5490	5780	6190	6470	6773	7194	7432
19	476	459	539	677	805	970	1165	1400	1364	2025	2289	2461	2599	3155	3531	3712	3649	3872	3990	4724	5076	5515	5521	5901	5760	5974	6510	7002	7390	7966	8201
20	298	326	344	422	446	520	609	729	1047	1172	1389	1671	2048	2396	2504	2919	3052	3079	2989	2979	3183	3397	3663	3854	4115	4555	5543	5868	6101	6471	6653
21	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	372	431	509	495	647	802	829	895	813	838	864	898	911	945	969	1003	1025
22	194	210	243	269	285	297	329	390	456	623	791	913	1459	1674	1824	2048	2303	2515	2454	2327	2630	2611	2762	2869	2876	3244	3742	3859	3991	4110	4125
23	4129	3932	4609	5053	5207	5706	7771	6664	6505	8360	9243	10057	10353	11044	10913	11419	11041	10997	9895	10210	10481	10301	10437	9094	9292	9042	9171	9147	9045	9524	9389
24	3766	3928	4296	4606	4682	5140	5386	5614	5860	7120	8093	8464	9237	10145	10690	11521	11326	11598	10149	10816	11964	12481	12794	13118	13412	14440	15440	16323	16814	17444	17802
25	1152	1253	1465	1643	1712	1968	2155	2327	2720	3364	4033	4610	5341	5927	6279	6871	7169	7182	6999	7463	7784	8127	8253	8499	8881	9141	9558	9981	10377	10854	11052
26	45	58	66	77	75	86	91	104	113	137	181	215	237	263	277	314	327	369	417	450	566	839	884	1068	1262	1546	1857	2039	2237	2311	2383
27	213	231	245	298	324	393	430	450	514	686	749	926	1044	1205	1318	1555	1738	1920	2398	2400	2432	2479	2568	2894	2958	2976	3088	3404	3753	4032	4260
28	252	260	264	276	288	305	316	327	355	386	401	421	437	461	496	511	526	543	522	558	550	556	570	585	598	614	631	644	660	681	695
29	335	363	391	428	464	509	554	579	635	801	914	1002	1275	1353	1472	1652	2252	1751	1744	1785	1895	1954	2019	2040	2099	2155	2249	2338	2470	2594	2663
30	1122	1183	1252	1274	1349	1460	1552	1742	1807	2018	2145	2263	2582	2802	2931	3129	2885	3432	3295	3628	3909	4176	4158	4380	4606	4806	5076	5228	5482	5626	5735
31	950	972	1067	1085	973	991	1000	972	1069	1239	1269	1437	1643	1834	1987	2207	2586	2516	2585	2719	2789	2875	2982	2993	3087	3125	3271	3396	3459	3543	3613
32	1432	1356	1402	1537	1728	2229	2115	2401	2981	5951	7285	7333	10145	9306	9843	10454	10842	11111	9322	7877	6896	6643	6650	6776	6107	6507	6079	5367	5670	5865	6302

Cuadro 5.3: Tabla de los weighted in-degree a lo largo de los años.

Sector	65/66	66/67	67/68	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
1	5.59848	9.51452	21.3193	-15.0823	7.46615	2.97683	5.70032	2.4757	25.3314	-11.1931	-19.5594	2.01755	5.56778	3.46569	21.6797	-3.08329	9.34719	-9.14538	11.8679	10.5271	-0.0806127	-3.94788	5.86487	6.95202	6.63818	12.7557	2.5804	1.06071	5.97277	5.63605
2	2.97846	10.9977	5.50778	10.7845	7.68656	-11.5399	0.534284	0.619745	7.72552	8.97989	-11.0435	-14.1306	-2.136	4.13322	24.217	2.40976	3.33482	-8.89799	17.2613	8.36896	6.62342	6.52289	5.87961	7.47353	-0.727276	6.7471	3.10688	3.97135	4.20132	3.14987
3	2.7081	1.70297	12.1736	3.26826	5.47439	6.76729	13.9205	-1.49629	10.9373	-1.13251	17.029	10.3919	19.9489	5.51864	5.4844	1.82567	3.43381	-0.847463	-0.732157	3.72639	2.84986	7.45584	12.3503	2.46238	7.97956	5.96271	3.33691	3.34124	2.54392	2.33866
4	15.7186	3.57181	16.1641	2.94139	-22.6773	41.1507	14.5508	16.304	17.7887	12.5163	7.55076	13.0496	8.1678	8.00427	9.0775	2.04506	8.5323	-1.12151	-1.89759	2.64666	8.91856	2.36099	3.92207	0.32	-3.24704	6.70107	3.3387	3.51942	2.5606	16.7702
5	-2.46926	11.7783	21.8689	3.50913	3.39016	34.8307	5.71584	17.3019	16.3453	12.6563	8.70114	7.4108	9.63918	7.79615	37.1564	8.58613	13.3136	-2.80917	13.5666	22.2148	35.9261	13.9943	10.9825	0.970358	11.7306	12.2015	1.4256	-10.712	3.64007	-16.6892
6	87.9249	56.2308	26.3191	18.0943	27.029	8.56947	192.287	35.179	-20.6761	32.7355	14.0661	-3.94044	1.34389	-4.29182	-2.07047	-9.79496	3.35785	-12.0296	2.23946	9.47732	28.7122	-10.8089	49.9913	2.24476	-10.8448	3.04567	5.73584	6.1091	7.55231	4.40821
7	8.09854	8.28568	21.5286	5.48619	13.6427	2.38335	0.755128	10.9088	12.9518	4.10505	16.4974	33.0748	22.4677	7.50888	13.5203	-1.46023	4.69115	-12.9816	5.70554	-0.627433	6.02494	-0.976625	14.0251	-5.72971	11.5684	1.39663	4.99506	-4.48675	3.0902	0.422256
8	7.23207	-4.7628	23.7672	0	5.60895	11.9801	-1.62605	21.9859	22.3144	19.9713	10.6222	16.4068	-4.71468	5.37042	9.35261	1.18345	0.586512	44.9323	26.6946	0.85349	14.9689	3.5932	21.8899	-2.48817	1.91944	3.91476	2.3488	2.46926	2.23954	1.85659
9	-0.256987	3.44589	5.88316	4.07634	2.7741	9.04482	4.92542	7.16066	6.10024	6.31832	4.83057	6.75628	7.35354	2.54109	-83.626	102.665	6.13457	-0.442642	6.73073	9.95951	9.14251	16.9599	7.47332	-0.658143	8.51149	8.71262	3.39058	-3.68788	3.65735	1.83969
10	9.10912	1.10459	-7.16033	14.6015	0.0986355	-2.2936	7.94735	10.4304	7.20473	22.5796	3.73094	-4.85901	-10.7932	6.50065	70.7517	-55.751	-0.510929	-16.1928	15.4119	-3.42313	9.1995	2.51283	5.34557	-3.20394	0.669588	2.66773	9.10297	5.93532	3.74217	2.10419
11	-2.88204	6.05099	5.53219	-2.46058	11.5804	6.44395	-7.88052	1.27797	4.34851	12.2836	-3.00159	-4.82363	7.82522	4.597	18.1465	-18.9197	-17.1769	144.665	-148.103	-9.15019	-8.73282	16.603	-14.1616	5.59208	8.08521	0	8.67417	2.05587	1.44303	4.07074
12	7.03066	8.89475	-3.52752	-8.8402	24.443	-1.59415	13.6963	8.37049	12.0121	11.8027	25.7092	12.2922	8.06692	7.32715	-16.8335	15.3686	-0.664532	-31.3553	33.7478	7.62756	5.89675	-6.59761	2.17148	9.19868	3.1826	6.69885	2.48481	2.31786	3.70801	1.3441
13	4.6448	7.15111	0.84152	9.96178	7.66332	4.68925	4.79918	15.0035	3.60075	14.3867	7.52012	8.30975	3.84663	15.3072	49.7023	-46.1504	2.06193	-33.3619	33.9723	-0.610378	-2.06193	-2.74568	-5.16315	2.88909	-0.604231	3.94326	-0.744288	0.532199	2.87752	1.02618
14	1.69496	6.50636	8.30666	4.25596	4.74665	1.31581	-1.31581	10.6684	40.5465	15.0744	62.7926	7.87809	-7.51445	-2.57367	-1.87975	-2.30336	20.3139	-32.4813	7.59859	4.7628	-1.95701	-0.59465	-13.1545	-0.682597	-1.61108	-4.99509	4.52998	2.9853	-1.59639	-0.23015
15	12.8652	13.0674	-2.45674	10.8041	-2.14908	19.1213	8.23404	9.7536	22.9171	4.61949	8.4178	12.89	1.18849	2.91087	15.3793	-4.62137	-1.89389	-5.73564	1.94866	5.20412	7.19532	-0.321703	4.63735	6.41539	4.48087	2.33849	2.00099	1.43234	3.44522	1.50769
16	21.6334	3.78594	15.0606	5.69365	6.57171	15.1624	19.356	20.105	19.0699	11.3389	11.358	19.748	5.76704	8.47173	8.31129	4.85379	9.99633	5.0697	-0.993586	3.56454	8.94174	0.300429	0.662042	-4.90776	4.95032	8.20701	4.22166	4.08671	3.50913	2.01714
17	5.7741	10.5608	2.4928	-0.435414	9.16672	5.48702	-4.75974	6.56496	6.73876	13.5692	-0.201613	-5.97736	13.8807	9.63692	11.4673	6.64478	3.36896	-2.77026	1.32545	7.86024	-2.49729	2.46526	6.93132	4.70091	5.49375	5.10503	5.10111	2.64629	3.81975	1.81164
18	8.57869	13.471	16.5694	4.77441	16.9393	14.0635	5.4985	16.4103	21.5039	8.28209	-1.3828	26.3662	11.9618	15.3534	8.00807	4.23509	0.890826	4.19375	4.00501	6.68649	4.1977	-1.36767	-4.67357	4.14673	5.14754	6.85314	4.4241	4.5768	6.03032	3.25477
19	-3.63676	16.0665	22.7956	17.3171	18.6454	18.318	18.3751	-2.60507	39.5148	12.2545	7.24527	5.4559	19.3862	11.2593	4.99897	-1.71177	5.9318	3.00201	16.8865	7.18677	8.29481	0.108735	6.65628	-2.41844	3.64792	8.59227	7.28564	5.39319	7.50547	2.90736
20	8.98039	5.37443	20.4364	5.53136	15.351	15.7989	17.9855	36.201	11.2783	16.9872	18.4838	20.3441	15.6937	4.40888	15.3352	4.4556	0.880776	-2.9666	-0.335121	6.62365	6.50685	7.53898	5.08291	6.55273	10.1587	19.631	5.6978	3.89388	5.8878	2.77372
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.7214	16.634	-2.78903	26.7789	21.4762	3.31115	7.66036	-9.60926	3.0287	3.05547	3.85973	1.43728	3.6642	2.50797	3.44862	2.16971
22	7.92494	14.5954	10.165	5.77778	4.1243	10.2326	17.0089	15.6346	31.2054	23.8751	14.3438	46.8771	13.7465	8.58159	11.5832	11.7349	8.80602	-2.45535	-5.31395	12.2404	-0.725056	5.62218	3.80085	0.24369	12.0407	14.2813	3.07879	3.36337	2.93812	0.364299
23	-4.8887	15.8863	9.19712	3.00217	9.15144	30.8881	-15.3679	-2.41488	25.0887	10.0408	8.44024	2.90074	6.4611	-1.19326	4.53239	-3.3663	-0.399311	-10.5593	3.13381	2.61965	-1.73231	1.31162	-13.7742	2.1539	-2.72734	1.41659	-0.262037	-1.12138	5.16028	-1.42761
24	4.2117	8.9554	6.96754	1.63656	9.33277	4.67499	4.14605	4.28861	19.4758	12.8092	4.48224	8.73953	9.37638	5.23278	7.48627	-1.70705	2.37317	-13.3457	6.36513	10.0876	4.23053	2.47688	2.5009	2.21645	7.38523	6.69594	5.56136	2.96367	3.67839	2.03151
25	8.40411	15.6315	11.4669	4.11384	13.9356	9.07729	7.67892	15.6052	21.2499	18.138	13.3717	14.7185	10.4105	5.76925	9.00989	4.24565	0.181172	-2.58106	6.41902	4.21129	4.31215	1.53849	2.93717	4.39657	2.88556	4.46087	4.33048	3.89085	4.49419	1.80777
26	25.3781	12.9212	15.4151	-2.63173	13.6859	5.65122	13.3531	8.29969	19.2593	27.8516	17.2141	9.74221	10.4094	5.18635	12.5375	4.05672	12.0836	12.229	7.61614	22.9346	39.3617	5.22464	18.9086	16.691	20.2973	18.3291	9.34972	9.26762	3.25446	3.06799
27	8.11255	5.88405	19.5835	8.365	19.3066	8.99756	4.54624	13.2976	28.8654	8.78614	21.2135	11.9941	14.342	8.96359	16.536	11.1259	9.95902	22.231	0.0833681	1.32452	1.91413	3.52721	11.9512	2.18737	0.606675	3.69435	9.74276	9.76043	7.1707	5.50066
28	3.12525	1.52675	4.44518	4.25596	5.73513	3.54304	3.4218	8.21576	8.37196	3.81241	4.86714	3.73004	5.34648	7.31779	2.97937	2.89316	3.18081	-3.94417	6.66914	-1.44407	1.085	2.48681	2.59755	2.19789	2.64042	2.73109	2.03929	2.45411	3.13225	2.03495
29	8.02723	7.43047	9.04156	8.07614	9.25635	8.47167	4.41378	9.23225	23.2236	13.197	9.19227	24.0948	5.93782	8.42977	11.5365	30.9832	-25.1632	-0.400573	2.32371	5.98004	3.06597	3.27238	1.03475	2.85112	2.63297	4.26949	3.88102	5.49223	4.89829	2.62522
30	5.29408	5.66887	1.74193	5.7202	7.90729	6.1108	11.5489	3.66341	11.0439	6.10326	5.35518	13.1873	8.17692	4.50102	6.53698	-8.11886	17.3618	-4.0737	9.62754	7.46001	6.60723	-0.431966	5.20145	5.03111	4.25053	5.46584	2.95052	4.74412	2.59287	1.9189
31	2.28938	9.32504	1.6729	-10.8951	1.83305	0.904074	-2.83995	9.51231	14.7581	2.39246	12.4328	13.3966	10.9976	8.01266	10.5008	15.8478	-2.74419	2.70552	5.05387	2.54189	3.03696	3.65415	0.368201	3.09235	1.22345	4.56615	3.75025	1.83813	2.39943	1.95646
32	-5.45329	3.33606	9.19327	11.7132	25.4588	-5.24982	12.6831	21.6373	69.13	20.2258	0.656727	32.4596	-8.63216	5.61012	6.02241	3.64428	2.45081	-17.5558	-16.843	-13.3006	-3.73779	0.105319	1.87701	-10.3951	6.34429	-6.80383	-12.4571	5.492	3.38134	7.18646

Cuadro 5.4: Tabla de Crecimiento Porcentual del weighted in-degree de 1965 a 1995.

Sector	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1	978	1109	1195	1175	938	1394	1331	1666	1705	1787	2164	3088	3565	3767	3985	3532	3394	3242	2665	3125	3417	3549	2703	2658	3091	3434	3660	3552	3371	3709	3778
2	3574	3847	3985	3571	4241	4240	4265	4436	4895	5489	6213	6498	6462	5865	6282	6997	7479	7169	5844	7126	7454	8869	9332	10109	10378	10156	10662	11255	12062	12292	12516
3	3256	3242	3427	3495	3668	3751	3950	4156	4416	4660	4881	5132	5472	5761	5912	6273	6634	6989	6961	7329	7725	7981	8104	8344	8629	9165	9633	10042	10374	10728	10915
4	283	337	352	406	436	462	538	638	749	833	919	995	1168	1263	1379	1491	1544	1711	1690	1639	1698	1851	1897	2021	1950	1834	1972	2059	2139	2218	2262
5	290	277	296	343	362	401	554	559	639	699	794	879	956	1023	1106	1713	1909	2193	2101	2441	3174	3999	5462	6117	6028	6836	7787	8016	7222	7502	7660
6	1910	2056	2221	2747	2900	3351	3390	3385	3905	4662	4799	4978	6290	9175	9690	10246	9782	10164	8211	9857	9460	10541	8958	12942	11721	13301	13599	13993	13777	14218	14393
7	632	668	790	881	940	988	1161	1230	1387	1655	1904	2932	4442	4050	4514	5937	6547	6850	7083	6068	6742	6354	7875	5929	6317	6705	7028	7606	7289	7596	7559
8	226	217	224	276	284	361	416	473	436	559	631	707	744	798	842	902	933	1041	1331	1701	1722	1966	1981	2384	2346	2354	2436	2522	2623	2766	2834
9	692	719	749	766	772	820	861	914	943	1042	1134	1176	1310	1442	1529	1516	1600	1538	1560	1559	1570	1577	1605	1662	1674	1736	1776	1833	1907	1974	2019
10	749	791	824	856	890	920	960	1012	1085	1255	1418	1481	1505	1620	1733	1852	1939	2012	1921	1965	1982	2022	2073	2141	2134	2207	2297	2374	2431	2522	2571
11	118	129	135	145	168	194	205	233	239	268	277	303	366	410	445	480	492	495	498	506	509	513	519	529	532	535	557	574	591	609	620
12	1009	1058	1106	1151	1174	1330	1398	1569	1669	2039	2076	2531	2830	3335	3559	3757	3848	3902	3924	3857	4030	4136	4160	4286	4431	4720	5018	5263	5441	5614	5781
13	323	334	370	324	394	440	443	511	564	600	650	707	799	863	1013	1100	1144	1153	1156	1158	1178	1196	1223	1229	1237	1251	1300	1328	1370	1408	1432
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1426	1580	1786	1887	1966	2069	2406	2597	3035	3651	3768	4191	4796	4923	5032	5796	5627	5726	5654	5748	5857	5915	6010	6231	6598	6805	7018	7200	7308	7578	7711
16	574	604	670	738	774	834	980	1048	1227	1491	1728	1961	2322	2425	2571	2746	2893	3052	3144	3219	3329	3531	3474	3394	3277	3589	3867	3991	4114	4283	4345
17	2408	2463	2741	2930	2956	3230	3291	3270	3346	3599	4215	4361	4426	5006	5413	5949	6068	6198	5921	6087	6740	6728	6836	7169	7285	7852	8189	8500	8731	9078	9290
18	2085	2196	2517	3055	3162	3522	3856	4063	4790	5928	6896	6988	8064	8775	9561	11079	11055	11346	11193	11827	12376	12731	12805	12817	13155	13678	14455	14936	15429	16201	16651
19	3469	3371	3826	4330	4589	5149	6842	6564	6774	9242	10676	11646	13051	14111	14729	15423	15073	15212	13806	14000	14518	15041	15211	14835	15161	15393	16681	17172	17635	18665	18930
20	1835	1908	2244	2379	2091	2227	2310	2550	2963	5545	6648	6690	8843	8675	8832	8920	8949	9183	7863	7527	7550	7972	8109	8892	9016	9195	9878	10121	10492	10989	11217
21	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	236	262	284	285	304	330	339	347	359	373	392	410	425	443	456	474	483
22	345	366	407	438	481	541	624	675	795	927	1049	1192	1366	1478	1610	1832	1922	1982	1939	1982	2045	2121	2422	2568	2541	2678	2828	2900	3013	3136	3195
23	492	507	586	617	601	620	644	1452	1234	1683	2072	2357	1960	1713	1746	1549	1729	1800	1782	1942	1978	2111	1968	2163	1995	2200	1997	2241	1933	2347	2447
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1737	1828	2010	2091	2252	2648	2903	3050	3433	4069	4601	5058	5642	6085	6414	7162	7253	7386	6655	6958	7317	7646	7770	8027	8132	8448	8897	9195	9455	9852	10073
26	253	259	279	301	317	365	379	395	407	461	570	643	745	800	861	961	1013	1019	972	1141	1427	2042	2086	2283	2432	2965	3411	3542	3835	3985	4083
27	342	373	407	464	505	572	645	694	922	1015	1112	1219	1387	1503	1594	1752	1804	1817	2206	1774	1839	1907	1930	2020	2512	2494	2401	2332	2808	2607	2672
28	261	268	275	284	293	301	309	317	343	355	383	368	383	399	408	424	415	430	376	395	422	437	451	467	480	505	521	562	575	597	610
29	2176	2311	2431	2662	2787	3256	3533	3674	4053	4507	5043	5417	6141	6683	7109	7789	8238	8543	8092	8578	8612	8575	8915	9161	9285	9561	10157	10819	11315	11862	12244
30	490	508	556	602	628	695	745	838	925	1021	1145	1247	1417	1518	1622	1820	1834	1873	1734	1824	1909	2016	2028	2193	2218	2292	2422	2513	2611	2727	2794
31	266	281	314	353	381	454	493	515	600	656	771	849	985	1070	1144	1258	1314	1319	1267	1339	1386	1436	1451	1508	1556	1612	1667	1723	1750	1832	1881
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 5.5: Tabla del weighted out-degree entre los años 1965 y 1995.

Sector	65/66	66/67	67/68	68/69	69/70	70/71	71/72	72/73	73/74	74/75	75/76	76/77	77/78	78/79	79/80	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
1	12.5704	7.46875	-1.6878	-22.5273	39.6183	-4.62468	22.4495	2.31396	4.69731	19.142	35.5565	14.364	5.51149	5.62584	-12.0673	-3.98551	-4.58187	-19.5986	15.923	8.93287	3.79029	-27.2304	-1.67883	15.0921	10.5231	6.37374	-2.99523	-5.23014	9.55529	1.84325
2	7.36082	3.52437	-10.9692	17.1953	-0.0235821	0.587891	3.93109	9.84612	11.4532	12.3898	4.48506	-0.555557	-9.69364	6.86859	10.7793	6.66176	-4.23329	-20.4351	19.8335	4.50007	17.3811	5.08873	7.99768	2.62621	-2.16235	4.86214	5.41265	6.92475	1.88886	1.80592
3	-0.430902	5.54948	1.96481	4.83132	2.23759	5.16931	5.08375	6.06812	5.37811	4.63347	5.01453	6.41487	5.14669	2.58731	5.92705	5.59532	5.21295	-0.401434	5.15159	5.26227	3.26019	1.52941	2.9185	3.35859	6.02633	4.98028	4.15816	3.25264	3.35545	1.72808
4	17.4636	4.35482	14.2722	7.12891	5.79226	15.2294	17.048	16.0401	10.6295	9.82525	7.94566	16.0305	7.8197	8.78688	7.80884	3.49294	10.2702	-1.23495	-3.06422	3.53648	8.62749	2.45477	6.33187	-3.57631	-6.133	7.25489	4.31722	3.8118	3.62675	1.96435
5	-4.58634	6.63419	14.7371	5.39138	10.2317	32.3203	0.898479	13.3755	8.97463	12.7433	10.1701	8.3973	6.77369	7.80104	43.7496	10.8333	13.8691	-4.2857	14.9994	26.2585	23.1052	31.1771	11.3257	-1.46565	12.5787	13.0253	2.89839	-10.4308	3.80377	2.08423
6	7.36591	7.71952	21.2552	5.42013	14.4548	1.15711	-0.147602	14.2904	17.7187	2.8963	3.66206	23.3933	37.7521	5.4612	5.5793	-4.63434	3.83081	-21.3377	18.2707	-4.11095	10.82	-16.2725	36.7931	-9.90957	12.6457	2.2157	2.85609	-1.55567	3.15082	1.22332
7	5.53988	16.7745	10.9025	6.48222	4.98028	16.1354	5.77325	12.0129	17.6658	14.0156	43.1728	41.542	-9.23878	10.8467	27.402	9.7803	4.52417	3.34489	-15.4668	10.5328	-5.92721	21.4609	-28.3838	6.33888	5.96091	4.70487	7.90352	-4.2571	4.12554	-0.488289
8	-4.06376	3.17487	20.8755	2.85734	23.9904	14.1807	12.841	-8.14531	24.8507	12.1156	11.3725	5.10104	7.00676	5.36714	6.88345	3.37907	10.9532	24.5749	24.5286	1.22701	13.2515	0.760075	18.5178	-1.6068	0.340426	3.42413	3.46949	3.92665	5.30835	2.42869
9	3.82754	4.08776	2.24432	0.780238	6.03198	4.87902	5.97361	3.12357	9.98309	8.46093	3.63676	10.7908	9.60039	5.85829	-0.853864	5.39283	-3.95208	1.4203	-0.0641231	0.703103	0.444869	1.75994	3.48979	0.719428	3.63676	2.278	3.15903	3.95774	3.45306	2.25404
10	5.4559	4.08726	3.80998	3.89511	3.31522	4.25596	5.27506	6.96514	14.5556	12.2112	4.34701	1.60754	7.36333	6.74279	6.64121	4.59062	3.69569	-4.62834	2.26464	0.861419	1.99807	2.49097	3.22762	-0.327486	3.3636	3.99698	3.29724	2.37264	3.67495	1.92427
11	8.91278	4.54624	7.1459	14.723	14.3894	5.51518	12.8028	2.54251	11.4523	3.30305	8.97153	18.8901	11.3524	8.19171	7.57118	2.46926	0.607905	0.604231	1.59366	0.591135	0.782783	1.1628	1.90845	0.565506	0.562326	4.02985	3.00642	2.91866	3.00023	1.79012
12	4.74206	4.43696	3.98812	1.97856	12.4762	4.98637	11.5396	6.17862	20.0235	1.79835	19.8172	11.1662	16.4196	6.50069	5.41412	2.39328	1.39357	0.56223	-1.72219	4.38767	2.59628	0.578594	2.98388	3.32714	6.31835	6.12226	4.76698	3.32617	3.13006	2.93132
13	3.34887	10.2362	-13.2759	19.5607	11.0424	0.679504	14.28	9.86847	6.18754	8.00427	8.40583	12.233	7.70537	16.0257	8.2394	3.92207	0.783635	0.259853	0.172861	1.71237	1.51646	2.23242	0.489397	0.648826	1.12541	3.8421	2.13098	3.11367	2.73595	1.69018
14	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan
15	10.2552	12.2554	5.50098	4.10128	5.10644	15.09	7.63913	15.5854	18.479	3.15433	10.6395	13.4843	2.61359	2.18994	14.1351	-2.95916	1.74408	-1.26539	1.64887	1.87856	0.985397	1.59333	3.61121	5.72297	3.08911	3.08206	2.56027	1.48886	3.62797	1.73986
16	5.09448	10.3704	9.66661	4.7628	7.46615	16.1319	6.70863	15.7689	19.4875	14.7518	12.649	16.8974	4.34026	5.84634	6.58504	5.21487	5.35031	2.96988	2.35749	3.36012	5.89092	-1.62744	-2.32975	-3.50808	9.09452	7.46054	3.15628	3.0354	4.02579	1.43721
17	2.25836	10.6943	6.66796	0.883458	8.86451	1.87093	-0.640149	2.29756	7.28904	15.7994	3.40518	1.47949	12.3141	7.81663	9.44197	1.98059	2.11976	-4.57213	2.765	10.1905	-0.1782	1.59248	4.75634	1.60513	7.49508	4.20235	3.72744	2.68137	3.8974	2.30846
18	5.18687	13.643	19.3712	3.44251	10.7824	9.06014	5.22912	16.4609	21.3156	15.1255	1.32529	14.3215	8.44971	8.57856	14.7359	-0.216861	2.59824	-1.35767	5.50965	4.53741	2.82809	0.579576	0.0936695	2.60295	3.89868	5.52517	3.2734	3.24744	4.88241	2.73973
19	-2.86569	12.661	12.3748	5.80946	11.514	28.4278	-4.14799	3.14916	31.0667	14.424	8.69645	11.3902	7.80899	4.28637	4.60416	-2.29548	0.917953	-9.69813	1.3954	3.63319	3.53905	1.1239	-2.50296	2.17371	1.51865	8.03575	2.90098	2.66054	5.67645	1.40979
20	3.90111	16.2204	5.84202	-12.9038	6.3013	3.65921	9.88458	15.0109	62.6694	18.1419	0.629782	27.9012	-1.91809	1.79362	0.991446	0.324585	2.58122	-15.5186	-4.36717	0.305101	5.43878	1.70392	9.21774	1.38488	1.96591	7.16502	2.43024	3.60006	4.62817	2.05357
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.4513	8.06297	0.351494	6.45385	8.2065	2.69075	2.33247	3.39976	3.8256	4.96834	4.48953	3.5932	4.14806	2.8923	3.87145	1.88093
22	5.90889	10.618	7.34057	9.36484	11.7552	14.2731	7.85623	16.3629	15.3611	12.3639	12.7795	13.6254	7.88031	8.55444	12.9174	4.7958	3.07401	-2.19341	2.19341	3.12914	3.64899	13.2706	5.85337	-1.05697	5.25125	5.44995	2.5141	3.82255	4.00118	1.8639
23	3.00323	14.4809	5.15492	-2.62741	3.11245	3.79792	81.2998	-16.2681	31.0317	20.7936	12.8875	-18.4445	-13.4698	1.90812	-11.9718	10.9934	4.02435	-1.00503	8.5982	1.83679	6.50755	-7.0144	9.44783	-8.08521	9.78133	-9.68113	11.5276	-14.7849	19.4065	4.17249
24	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan
25	5.1063	9.49122	3.95077	7.41763	16.1986	9.194	4.93969	11.8293	16.9963	12.2876	9.46975	10.9267	7.55881	5.26564	11.0306	1.26259	1.81711	-10.4218	4.45236	5.03083	4.39822	1.60875	3.25407	1.2996	3.81228	5.17844	3.29457	2.78838	4.11308	2.21841
26	2.34386	7.43837	7.58985	5.17915	14.0996	3.76389	4.13496	2.99274	12.4585	21.2238	12.0508	14.7239	7.12275	7.34828	10.988	5.26971	0.590553	-4.72212	16.0305	22.3669	35.8355	2.13186	9.0242	6.32236	19.8163	14.0128	3.7686	7.94779	3.83679	2.42947
27	8.67677	8.72348	13.1071	8.46739	12.4581	12.0111	7.32216	28.4073	9.60987	9.12716	9.18707	12.9112	8.032	5.87835	9.45114	2.92484	0.718037	19.3994	-21.7944	3.59851	3.63094	1.19887	4.55775	21.7982	-0.71914	-3.80025	-2.9159	18.5746	-7.42724	2.46271
28	2.64666	2.57841	3.22031	3.11984	2.69377	2.6231	2.55605	7.88287	3.43873	7.59172	-3.99521	3.99521	4.09264	2.23058	3.84663	-2.14549	3.55067	-13.4196	4.92966	6.61195	3.49279	3.15341	3.48619	2.74568	5.07723	3.11916	7.57518	2.28682	3.75471	2.15418
29	6.0192	5.06224	9.0775	4.5888	15.5534	8.16479	3.91336	9.81764	10.6174	11.2369	7.1541	12.5445	8.45794	6.17946	9.13509	5.60451	3.63546	-5.42363	5.83249	0.395579	-0.430559	3.88843	2.72201	1.34449	2.92921	6.04708	6.31407	4.48254	4.72107	3.1696
30	3.60761	9.02868	7.94892	4.22827	10.1372	6.94724	11.7634	9.87756	9.87441	11.4622	8.5336	12.7801	6.88517	6.62663	11.5177	0.766287	2.1042	-7.71105	5.0601	4.55477	5.45358	0.593474	7.82204	1.13354	3.28189	5.51688	3.68836	3.8256	4.34688	2.42722
31	5.48584	11.1038	11.7075	7.63313	17.5298	8.2412	4.36577	15.2763	8.92311	16.1528	9.63708	14.8582	8.27723	6.68722	9.49923	4.35528	0.379795	-4.0222	5.52712	3.44988	3.54396	1.03915	3.85313	3.13342	3.53572	3.355	3.30414	1.55488	4.57925	2.63953
32	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan	nan

Cuadro 5.6: Tabla de Crecimiento Porcentual entre 1965 y 1995 del weighted out-degree.

Year	Precio del crudo (dólares US$)
1965	11.321640
1966	11.321640
1967	11.321640
1968	11.321640
1969	11.321640
1970	11.321640
1971	14.089152
1972	15.598704
1973	20.693441
1974	72.835884
1975	72.521390
1976	80.509440
1977	87.554016
1978	88.183000
1979	198.820590
1980	231.653350
1981	225.992520
1982	207.374710
1983	185.863590
1984	181.020450
1985	173.346880
1986	90.761820
1987	115.952710
1988	93.867980
1989	114.638600
1990	149.230670
1991	125.801750
1992	121.524200
1993	106.748184
1994	99.489710
1995	107.031510

Cuadro 5.7: Precio en dólar del metro cúbico del crudo en 1965-1995.

5.2. Anexo B: Figuras del Crecimiento porcentual

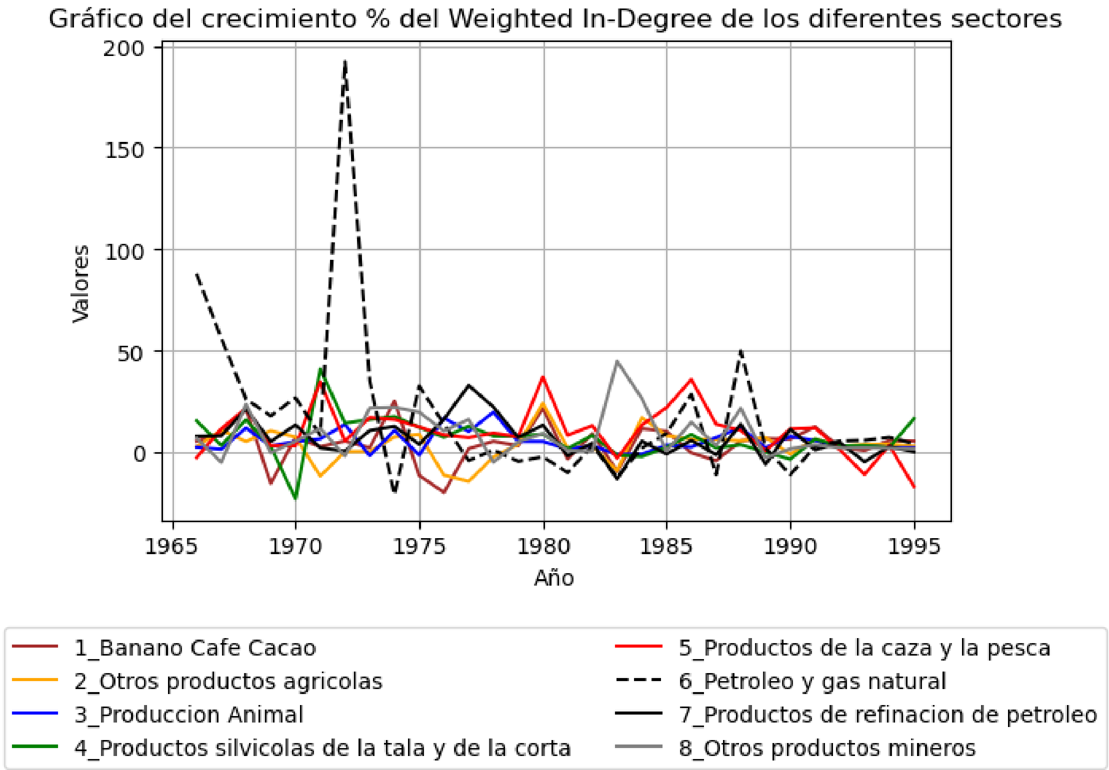

Figura 5.1: Cambio porcentual en el weighted in-degree de los Productos Primarios.

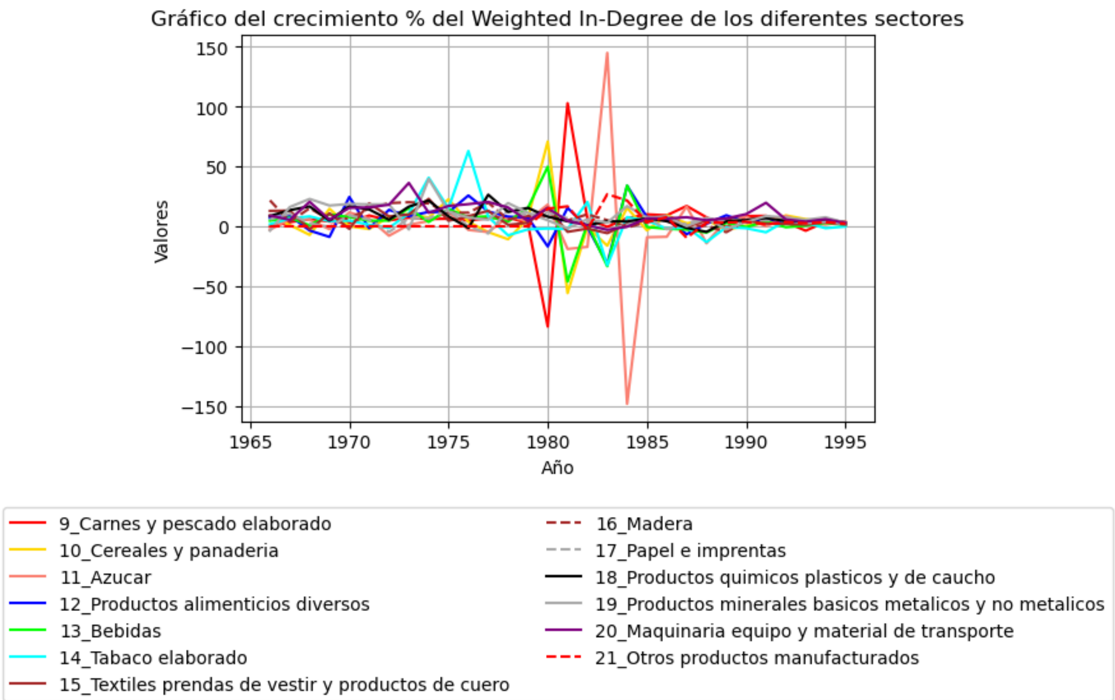

Figura 5.2: Cambio porcentual en el weighted in-degree de los Productos Elaborados.

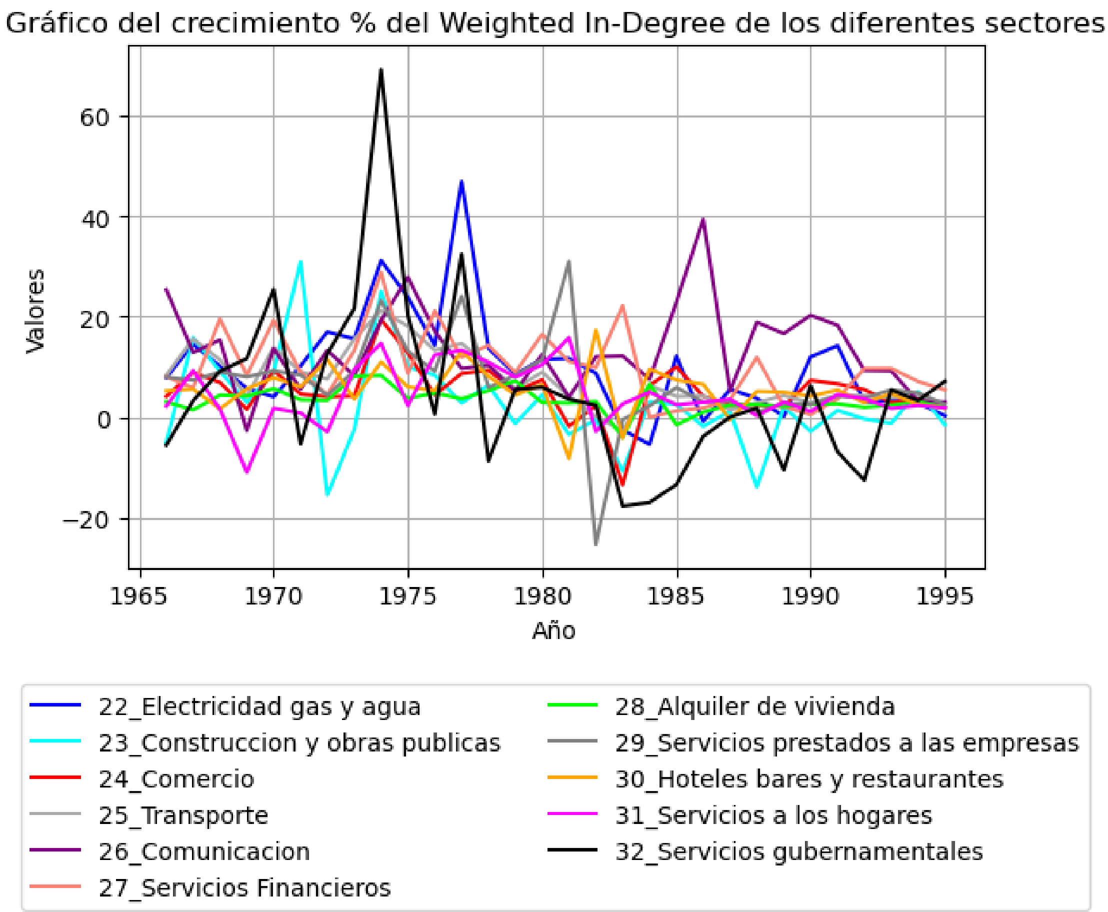

Figura 5.3: Aumento Porcentual en el weighted in-degree de los Servicios.

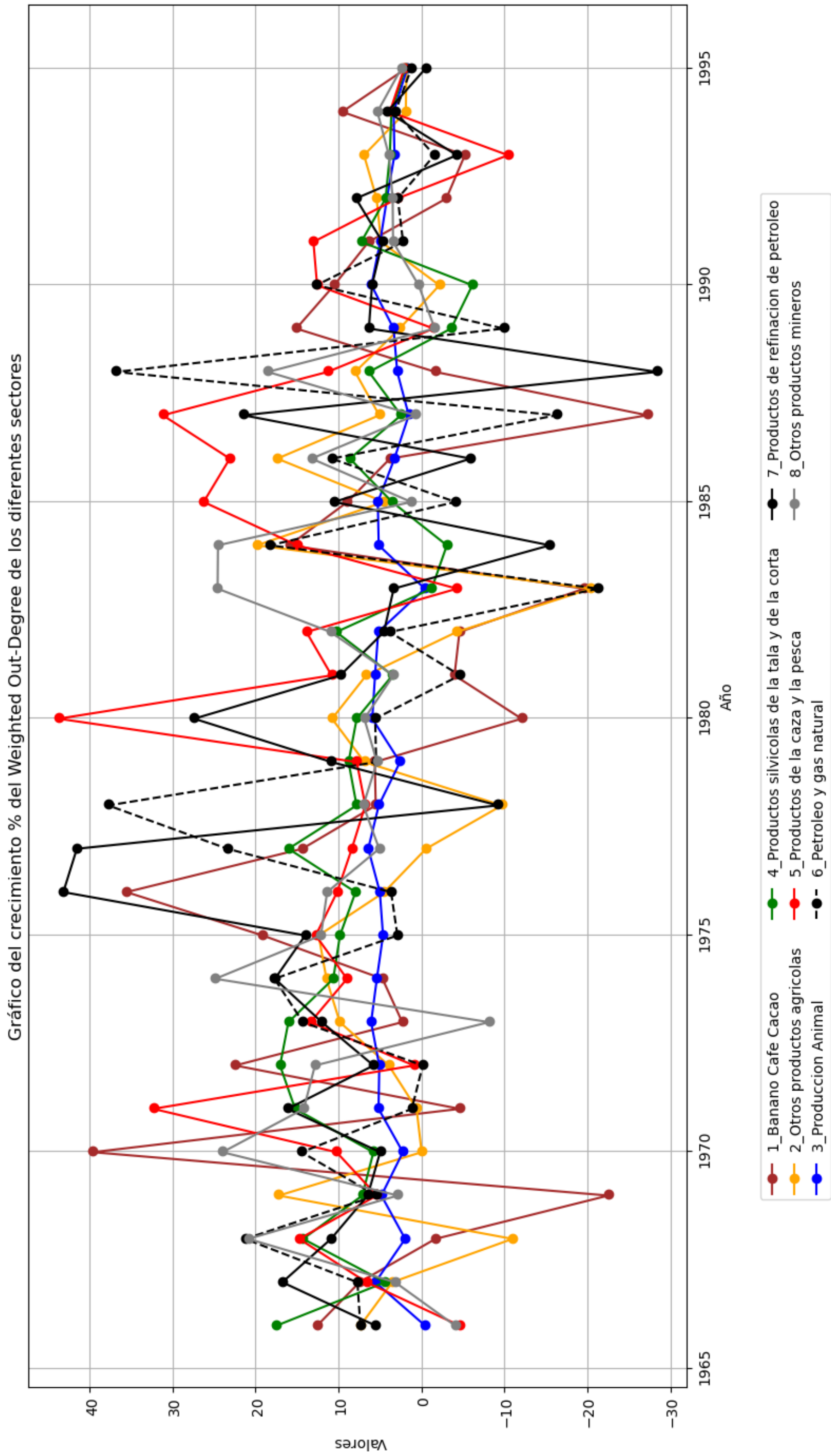

Figura 5.4: Aumento Porcentual en el weighted out-degree de los Productos Primarios.

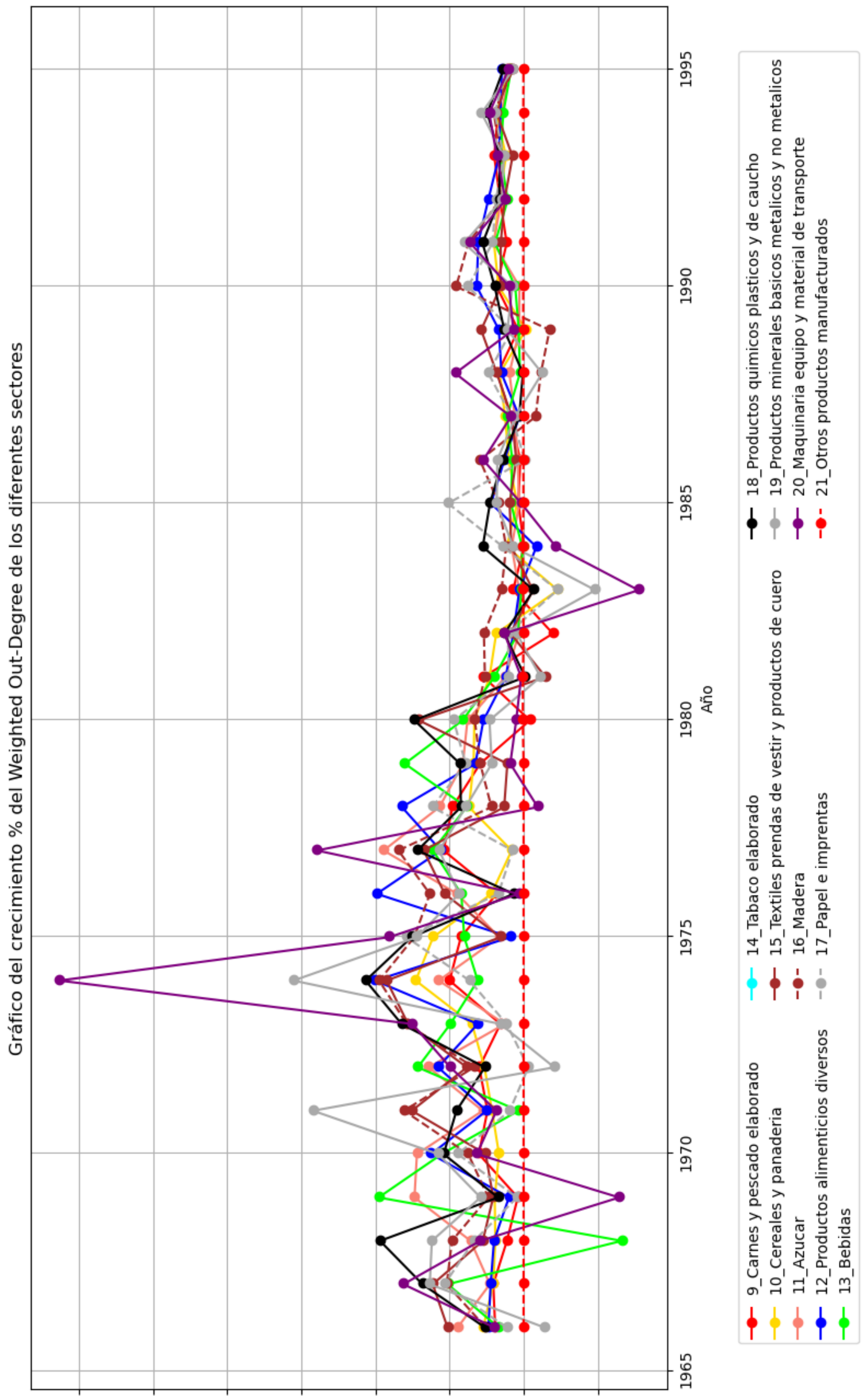

Figura 5.5: Aumento Porcentual en el weighted out-degree de los Productos Secundarios.

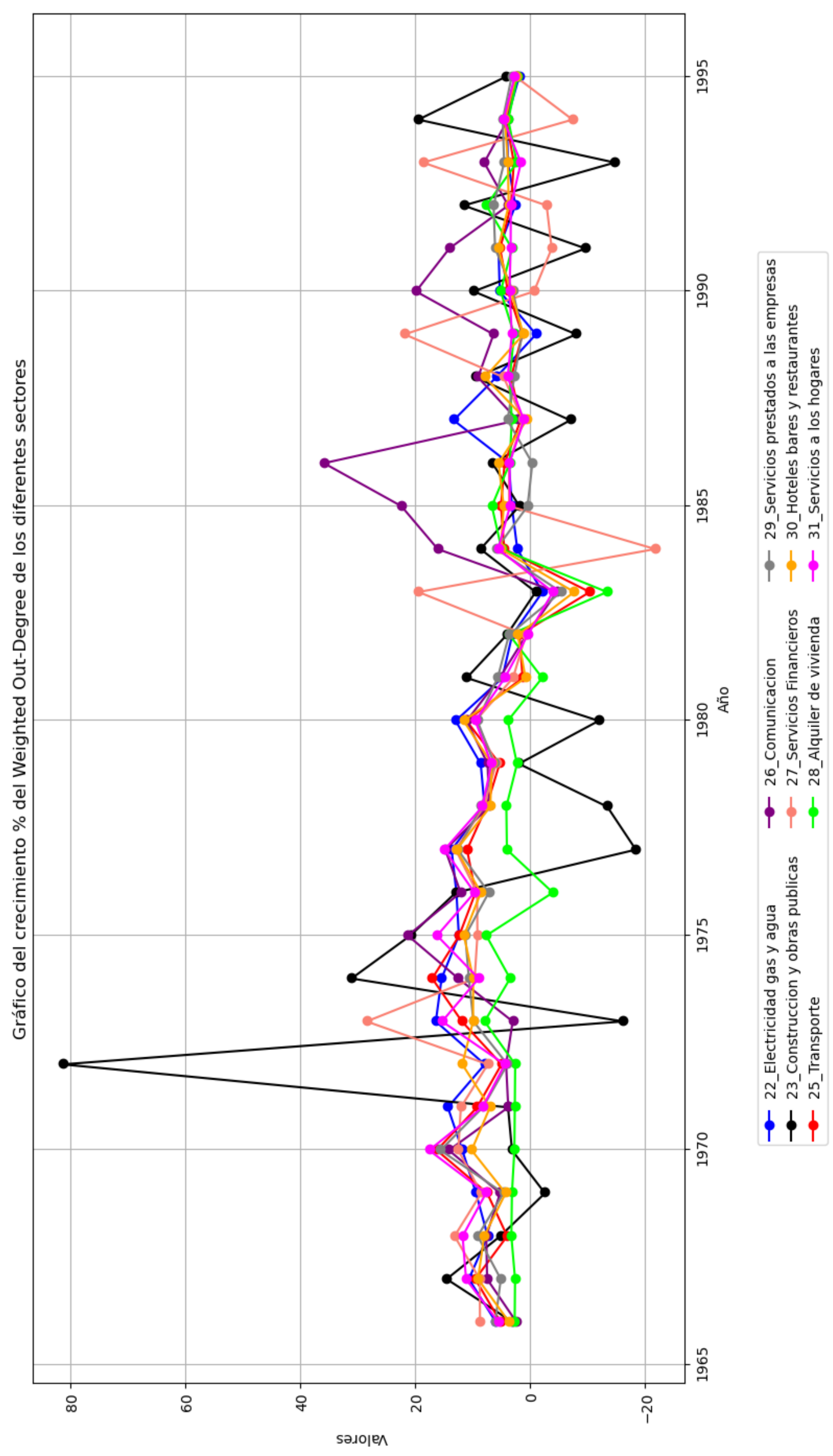

Figura 5.6: Figura 13: Aumento Porcentual en el weighted out-degree de los Productos Servicios.

5.3. Anexo C: Códigos de Python.

5.3.1. Anexo C.1.: Códigos de Weighted In-Degree & Weighted Out-Degree

Aquí hay ejemplos de los códigos utilizados. El resto se encuentran en el documento tables_tab en: `https://github.com/Karle-03/Tesis_code.git` (Zapata, 2025)

```
import pandas as pd # Utilizada para el manejo de estructuras
   de datos.
import numpy as np
from tabulate import tabulate
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt # Utilizada para proyectar
```

Código 1: Librerías de python utilizadas.

```
   def clean_table (tabla):
      tabla = tabla.dropna(how = 'all')
      tabla = tabla.fillna(0)
      return (tabla)

   list_of_tables_0a = []
   for i in range(len(list_of_tables)):
      list_of_tables_0a.append(clean_table(list_of_tables[i]))
```

Código 2: Función para eliminar las filas vacías de las tablas en la lista de tablas “list_of_tables” y convirtiendo elementos vacíos en 0. Se forma otra lista: “list_of_tables_0a”.

```
def transaction_table (tabla):
   tabla = tabla.dropna(how = 'all') # Comando que elimina las
       filas sin elementos ni nombre.
   tabla = tabla.fillna(0) # Comando con el que se llenan los
      cuadros vacos con "0".
   value = []
   target = []
   source = []
   for i in range (len(tabla) - 2):
      for j in range (len(tabla.columns) - 2):
         source.append(tabla.index[i])
         target.append(tabla.columns[j])
         value.append(tabla.loc [tabla.index[i], tabla.columns
            [j]])
   df_table = pd.DataFrame ({
      'source' : source, z
      'target' : target,
      'weight' : value,
```

```
    })
    return df_table
```

Código 3: Convirtiendo las tablas de input-output, en tablas de 3 columnas representando los edges (nodo de origen, nodo destino, y peso de la arista).

```
GG = [] # Array de grafos para todos los casos.
degree_1 = [] # Array del grado de los grafos.
in_degree_1 = [] # Lista de todos los aos que muestra las
   listas de in-degree por nodo.
out_degree_1 = [] # Lista de todos los aos que muestra las
   listas de Out Degree por nodo.
weighted_degree_1 = []
weighted_in_degree_1 = [] # Lista de todos los aos que muestra
    las listas de weighted in-degree por nodo.
weighted_out_degree_1 = [] # Lista de todos los aos que
   muestra las listas de weighted out-degree por nodo.
tott = []

for i in range (len(list_of_tables_01)):
    #convert dataframe to networkx directed graph
    df_table = list_of_tables_01[i] # Tabla de Direccin de un
       ao.
    df_table_filtered = df_table[df_table['weight'] > 0] #
       Eliminando los edges que sean iguales a 0.
    G = nx.from_pandas_edgelist(df_table_filtered, 'source', '
       target', ['weight'], create_using = nx.DiGraph()) #
       Utilizando la tabla de direccin para formar un grafo.
    GG.append(G)
    # Registrando la lista de in-degree de los nodos en un caso.

    in_degree = dict(G.in_degree())
    in_degree_1.append(in_degree)
    # Registrando la lista de Out Degree de los nodos en un
       caso.
    out_degree = dict(G.out_degree())
    out_degree_1.append(out_degree)
    # Registrando la lista de weighted in-degree de los nodos
       en un caso.
    weighted_in_degree = dict(G.in_degree(weight='weight'))
    weighted_in_degree_1.append(weighted_in_degree)
    # Registrando la lista de weighted out-degree de los nodos
       en un caso.
    weighted_out_degree = dict(G.out_degree(weight='weight'))
    weighted_out_degree_1.append(weighted_out_degree)
    #print((G.nodes))
```

Código 4: Utilizando las tablas de los edges, se crea el grafo en Python. Este no toma en cuenta edges de peso 0.

5.3.2. Anexo C.2.: Códigos de distribución a largo plazo.

Aquí hay ejemplos de los códigos utilizados. El resto se encuentran en el documento tables_tab_compress en: https://github.com/Karle-03/Tesis_code.git (Zapata, 2025)

```
#servicio
# sector de productos primarios, del 1 al 7. tambien incluye a
    la minera
# Sector secundario, productos ya elaborados o manoofacturados.
    Del pescado al transporte
# Electricidad en adelante es el sector de servicios.
sector_productos_primarios = ["1_Banano Cafe Cacao", "2_Otros
   productos agricolas", "3_Produccion Animal", "4_Productos
   silvicolas de la tala y de la corta", "5_Productos de la
   caza y la pesca", "6_Petroleo y gas natural", "7_Productos
   de refinacion de petroleo", "8_Otros productos mineros"]
#index_sector_productos_primarios = {item: i for i, item in
   enumerate(sector_productos_primarios)}
sector_productos_primarios_no_oil = ["1_Banano Cafe Cacao", "2
   _Otros productos agricolas", "3_Produccion Animal", "4
   _Productos silvicolas de la tala y de la corta", "5
   _Productos de la caza y la pesca", "8_Otros productos
   mineros"]
#index_sector_productos_primarios_no_oil = {item: i for i,
   item in enumerate(sector_productos_primarios_no_oil)}
sector_oil = ["6_Petroleo y gas natural", "7_Productos de
   refinacion de petroleo"]
#index_sector_oil = {item: i for i, item in enumerate(
   sector_oil)}
sector_productos_elaborados = ["9_Carnes y pescado elaborado",
    "10_Cereales y panaderia", "11_Azucar", "12_Productos
   alimenticios diversos", "13_Bebidas", "14_Tabaco elaborado",
    "15_Textiles prendas de vestir y productos de cuero", "16
   _Madera", "17_Papel e imprentas", "18_Productos quimicos
   plasticos y de caucho", "19_Productos minerales basicos
   metalicos y no metalicos", "20_Maquinaria equipo y material
   de transporte", "21_Otros productos manufacturados"]
#index_sector_productos_elaborados = {item: i for i, item in
   enumerate(sector_productos_elaborados)}
sector_productos_elaborados_01 = ["9_Carnes y pescado
   elaborado", "10_Cereales y panaderia", "11_Azucar", "12
   _Productos alimenticios diversos", "13_Bebidas", "14_Tabaco
   elaborado", "15_Textiles prendas de vestir y productos de
   cuero", "16_Madera", "17_Papel e imprentas", "18_Productos
   quimicos plasticos y de caucho", "19_Productos minerales
   basicos metalicos y no metalicos", "20_Maquinaria equipo y
   material de transporte"]
#index_sector_productos_elaborados_01 = {item: i for i, item
```

```
    in enumerate(sector_productos_elaborados_01)}
sector_servicios = ["22_Electricidad gas y agua", "23
    _Construccion y obras publicas", "24_Comercio", "25
    _Transporte", "26_Comunicacion", "27_Servicios Financieros",
     "28_Alquiler de vivienda", "29_Servicios prestados a las
    empresas", "30_Hoteles bares y restaurantes", "31_Servicios
    a los hogares", "32_Servicios gubernamentales"]
#index_sector_servicios = {item: i for i, item in enumerate(
    sector_servicios)}
print(tabla_1965.index[0])

sector_productos_primarios
```

Código 5: Arrays asignando las Áreas que se van a Estudiar.

```
def tablas_comprimidas_10 (tabla):
    c_0 = []
    a = 0   #sector_oil
    for i in range(len(sector_oil)):
        for j in range(len(sector_oil)):
            a = a + tabla.loc[sector_oil [i], sector_oil[j]]
    c_0.append(a)
    for i in range(len(sector_oil)):
        for j in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
            a = a + tabla.loc[sector_oil [i],
                sector_productos_primarios_no_oil[j]]
    c_0.append(a)
    a = 0
    for i in range(len(sector_oil)):
        for j in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
            a = a + tabla.loc[sector_oil[i],
                sector_productos_elaborados_01[j]]
    c_0.append(a)
    a = 0
    for i in range(len(sector_oil)):
        for j in range(len(sector_servicios)):
            a = a + tabla.loc[sector_oil[i], sector_servicios[j]]
    c_0.append(a)
    c_1 = [] #
    a = 0
    for i in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
        for j in range(len(sector_oil)):
            a = a + tabla.loc[sector_productos_primarios_no_oil [
                i], sector_oil[j]]
    c_1.append(a)
    a = 0
    for i in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
        for j in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
            a = a + tabla.loc[sector_productos_primarios_no_oil [
                i], sector_productos_primarios_no_oil[j]]
```

```
c_1.append(a)
a = 0
for i in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
    for j in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
        a = a + tabla.loc[sector_productos_primarios_no_oil[i
            ], sector_productos_elaborados_01[j]]
c_1.append(a)
a = 0
for i in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
    for j in range(len(sector_servicios)):
        a = a + tabla.loc[sector_productos_primarios_no_oil[i
            ], sector_servicios[j]]
c_1.append(a)
c_2 = []
a = 0
for i in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
    for j in range(len(sector_oil)):
        a = a + tabla.loc[sector_productos_elaborados_01 [i],
             sector_oil[j]]
c_2.append(a)
a = 0
for i in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
    for j in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
        a = a + tabla.loc[sector_productos_elaborados_01 [i],
             sector_productos_primarios_no_oil[j]]
c_2.append(a)
a = 0
for i in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
    for j in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
        a = a + tabla.loc[sector_productos_elaborados_01[i],
            sector_productos_elaborados_01[j]]
c_2.append(a)
a = 0
for i in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
    for j in range(len(sector_servicios)):
        a = a + tabla.loc[sector_productos_elaborados_01[i],
            sector_servicios[j]]
c_2.append(a)
c_3 = []
a = 0
for i in range(len(sector_servicios)):
    for j in range(len(sector_oil)):
        a = a + tabla.loc[sector_servicios [i], sector_oil[j
            ]]
c_3.append(a)
a = 0
for i in range(len(sector_servicios)):
    for j in range(len(sector_productos_primarios_no_oil)):
        a = a + tabla.loc[sector_servicios [i],
            sector_productos_primarios_no_oil[j]]
```

```
    c_3.append(a)
    a = 0
    for i in range(len(sector_servicios)):
        for j in range(len(sector_productos_elaborados_01)):
            a = a + tabla.loc[sector_servicios[i],
               sector_productos_elaborados_01[j]]
    c_3.append(a)
    a = 0
    for i in range(len(sector_servicios)):
        for j in range(len(sector_servicios)):
            a = a + tabla.loc[sector_servicios[i],
               sector_servicios[j]]
    c_3.append(a)
    matrix = np.array([c_0,
                      c_1,
                     c_2,
                     c_3])
    #print(c_1)
    #print(c_2)
    #print(c_3)

    return matrix
```

Código 6: Función para comprimir una tabla en las 4 Áreas Estudiadas. No se toma en cuenta el sector de “Otros productos manufacturados”.

```
def to_markov_matrix (matrix):
    matrix = np.array(matrix, dtype = float)
    matrix = np.maximum(matrix, 0) # No hay valor menor a 0.
    row_sums = matrix.sum(axis = 1, keepdims = True)
    row_sums[row_sums == 0] = 1.0 # Si la suma de las filas en
       una matriz es igual a 0, dividir para un nmero que no es
       0.
    markov_matrix = matrix / row_sums
    return markov_matrix
```

Código 7: Función para normalizar la matriz en una matriz de probabilidad.