



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Colegio de Postgrados**

**Análisis de las fluctuaciones agregadas de la  
economía ecuatoriana a través de modelos de redes**

**Ricardo Andrés López Celi**

**Carlos Jiménez, PH.D., Director de Tesis  
Pedro Romero, PH.D., Director de Tesis**

Tesis de grado presentada como requisito  
para la obtención del título de Magíster en Matemáticas Aplicadas

Quito, marzo de 2015

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Postgrados**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS**

**Análisis de las fluctuaciones agregadas de la  
economía ecuatoriana a través de modelos de redes**

Ricardo Andrés López Celi

Carlos Jiménez, Ph.D.  
Director de Tesis  
Miembro del Comité de Tesis

---

Pedro Romero, Ph.D.  
Director de Tesis  
Miembro del Comité de Tesis

---

Carlos Jiménez, Ph.D.  
Director de la Maestría de  
Matemáticas Aplicadas

---

César Zambrano, Ph.D.  
Decano de la Escuela de Ciencias

---

Victor Viteri Breedy, Ph.D.  
Decano del Colegio de Postgrados

---

**Quito, marzo de 2015**

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Ricardo Andrés López Celi

C. I.: 180289771-8

Fecha: Quito, marzo de 2015

## AGRADECIMIENTOS

A Carlos Jiménez por sus innumerables enseñanzas.

A Pedro Romero por su guía en la realización de esta tesis.

Al equipo de profesores de la Maestría de Matemáticas de la USFQ, que durante este tiempo fueron guías en el fascinante mundo de las matemáticas.

A mi familia, porque su apoyo incondicional fue el pilar para que mi sueño se haga una realidad.

A los amigos que hice gracias a las matemáticas: Andrea, Víctor, Paúl, Marcelo, Silvana, Bolívar...

## RESUMEN

El entendimiento, análisis y medición de la estructura de los sectores económicos de un país, es una herramienta importante para la toma de decisiones macroeconómicas de política de estado. El presente estudio busca entender el impacto macroeconómico que puede tener la economía ecuatoriana, a causa de la desestabilización microeconómica de uno o varios de sus sectores, tomando en cuenta la relación no simétrica en la interacción entre los sectores económicos ecuatorianos.

Para poder comprender la estructura de la economía, se aplica análisis de redes a la matriz Insumo-Producto ecuatoriana, elaborada por el Banco Central del Ecuador en distintas fechas, desde 1975 hasta la última provista con corte al 2010.

El presente análisis ha permitido evidenciar que la demanda de insumos nacionales históricamente ha sido en promedio aproximadamente un 38%, por lo que el restante 62% ha sido cubierto con importaciones, lo que ha implicado que el manejo de la Balanza Comercial debe ser diligente, más aún en una economía dolarizada.

Por otro lado existen periodos donde la producción de insumos nacionales se concentra en pocos proveedores, como por ejemplo en el año 2010, donde la concentración afecta de manera importante tanto a los sectores que tienen un intercambio comercial directo como a los demandantes de insumos indirectos, influyendo significativamente en la volatilidad agregada.

## ABSTRACT

The understanding, analysis and measurement of the economic structure of a country, it's an important tool for developing macroeconomic politics. This work seeks to understand the macroeconomic impact that the Ecuadorian economy might have, due to a microeconomic shock of one or several sectors, recognizing the non-symmetric relation among Ecuadorian economic sectors.

To comprehend the economy structure, network analysis is applied to the Ecuadorian Input-Output matrix, prepared by the Ecuadorian Central Bank, at different periods of time, starting at 1975 and ending with the 2010 matrix.

Through this analysis, results showed that historical national input requirements, have represented approximately an average of 38%, and the remaining 62% were imported, this behavior has implied that the national Trade Balance must be managed diligently, even more in a dollarized economy.

On the other hand, there are periods of time when national output is gathered in a few suppliers, for example in 2010, where this gathering affects direct input consumers as well as indirect inputs consumers, which influence significantly the aggregate volatility.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	7
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>1.1. La historia de la volatilidad macroeconómica en Ecuador: una breve reseña</b> .....	11
<b>1.2. Importancia de conocer la influencia de los sectores económicos</b> .....	13
<b>1.3. Hipótesis</b> .....	14
<b>1.4. Contexto y marco teórico</b> .....	14
<b>1.4.1. Modelos de redes</b> .....	14
<b>1.4.2. Matriz de producción de Leontief</b> .....	17
<b>1.4.3. Definición, Supuestos, Corolarios y Teoremas</b> .....	18
<b>2. METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	33
<b>3. ANÁLISIS DE DATOS</b> .....	36
<b>3.1. Análisis de la demanda de insumos</b> .....	36
<b>3.2. Análisis de la oferta de insumos</b> .....	39
<b>3.2.1. Grado de producción de primer orden</b> .....	39
<b>3.2.2. Análisis de colas pesadas, de los grados de oferta de primer orden</b> .....	45
<b>3.2.3. Grado de producción de segundo orden</b> .....	53
<b>3.2.4. Análisis de colas pesadas, de los grados de oferta de segundo orden</b> .....	56
<b>3.3. Análisis de volatilidad agregada</b> .....	63
<b>3.4. Escenarios</b> .....	64
<b>3.5. Importancia del estudio</b> .....	66
<b>4. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	68
<b>4.1. Conclusiones</b> .....	68
<b>4.2. Limitaciones del estudio</b> .....	73
<b>4.3. Recomendaciones para futuros estudios</b> .....	74
<b>REFERENCIAS</b> .....	76
<b>ANEXO A: Código Fuente</b> .....	77

## TABLAS

Tabla 1. Media arimética, mediana y la desviación estándar de la concentración del grado de demanda de insumos, para cada año estudiado .....	38
Tabla 2. Concentración de datos alrededor de la media con más-menos una desviación estándar .....	38
Tabla 3. Información sobre datos alrededor de la mediana, incluido cuartil 1 (Q1), cuartil 3 (Q3), dato mínimo y dato máximo, grados de producción de primer orden .....	44
Tabla 4. Medias, medianas y desviación estándar de los grados de producción de primer orden .....	45
Tabla 5. Medias, desviación estándar de los grados de producción de primer orden, número y porcentaje de sectores a más de una desviación estándar .....	46
Tabla 6. Medianas, Sectores que se encuentran en el Cuartil 4, y porcentaje de los sectores que se encuentran en el Cuartil 4 con respecto al total de sectores .....	47
Tabla 7. $\hat{\beta}$ para cada uno de los años de estudio, con sus respectivos errores estándar (EE), y el número de sectores usados para el cálculo y el valor-p, tomando todos los sectores con grados de producción mayores a cero .....	48
Tabla 8. $\hat{\beta}$ para cada uno de los años de estudio, con sus respectivos errores estándar (EE), valor-p y el número de sectores usados para el cálculo, tomando en cuenta el 50% de los sectores con mayor grado de producción .....	48
Tabla 9. $\hat{\alpha}_1$ parámetro de cola pesada calculado a través de EMV, con sus respectivos errores estándar (EE), valor mínimo para poder calcular los parámetros, el número de sectores usados mayores que el valor mínimo, y valor-p .....	51
Tabla 10. Media y mediana de los grados de producción de segundo orden .....	56
Tabla 11. Cantidad de sectores con grado de producción de segundo orden mayores a una desviación estándar .....	57
Tabla 12. Información sobre datos alrededor de la mediana, incluido cuartil 1 (Q1), cuartil 3 (Q3), dato mínimo y dato máximo, grados de producción de segundo orden .....	57
Tabla 13. Medianas, Sectores que se encuentran en el Cuartil 4 (Q4), y porcentaje de los sectores que se encuentran en el Cuartil 4 con respecto al total de sectores, de los grados de producción de segundo orden .....	58
Tabla 14. Valores de $\hat{\zeta}$ para cada periodo, con sus respetivos errores estándar (EE) valor-p y la cantidad de datos que tienen un grado de producción de segundo orden mayor a cero .....	58
Tabla 15. Valores de $\hat{\zeta}$ para cada periodo, con sus respetivos errores estándar y la cantidad de datos con un corte del 50% .....	59
Tabla 16. $\hat{\alpha}_2$ parámetro de cola pesada calculado a través de EMV, con sus respectivos errores estándar (EE), valor mínimo para poder calcular los parámetros, el número de sectores usados mayores que el valor mínimo, y valor-p .....	62
Tabla 17. Valores de $1/\sqrt{n}$ , las normas del vector de influencia, y la relación para cada periodo de estudio.....	63
Tabla 18. Tabla de resultados luego que quitar los sectores mayores a una desviación estándar .....	65
Tabla 19. Tabla de resultados luego que quitar los sectores que se encuentran en el cuarto cuartil .....	66

## FIGURAS

Figura 1. Escenarios de redes que representan la interacción simétrica entre sectores, donde cada sector tiene el mismo impacto sobre la economía .....	16
Figura 2. Escenario de redes que representa las interacciones no simétricas entre sectores, donde no todos los sectores tiene el mismo impacto sobre la economía ..	17
Figura 3. Dos posibles escenarios para la propagación de shocks dadas dos estructuras simples de redes.....	30
Figura 4. Densidad empírica de los grados de demanda ponderados, de la matriz Insump-Producto de todos los periodos estudiados del 100% de los datos.....	37
Figura 5. Densidad empírica del grado de producción ponderado de primer orden.	40
Figura 6: Sectores de la economía ecuatoriana, basado en la matriz de coeficientes técnicos del año 2010.....	41
Figura 7: Sectores de la economía ecuatoriana, basado en la matriz de coeficientes técnicos del año 1995.....	42
Figura 8: Diagramas de caja de los grados de producción de primer orden para cada periodo de estudio .....	44
Figura 9: Función de distribución contra acumulada empírica de los grados de producción ponderado de primer orden para cada uno de los años de estudio, comparado con la función de distribución empírica teórica .....	50
Figura 10: Densidad empírica de los grados de producción ponderado de segundo orden para todos los años de estudio .....	54
Figura 11: Diagrama de caja de los grados de producción ponderado de segundo orden para todos los años de estudio .....	55
Figura 12: Función de distribución contra acumulada empírica de los grados de producción ponderado de segundo orden .....	61

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

El estado de la economía de un país, es siempre un reto de gran importancia para cada gobierno de turno, y para ello entender el rol que tiene cada sector de la economía como generador del PIB, es primordial. La teoría macroeconómica tradicional, basándose en el Teorema del Límite Central, define que en una economía con  $n$  sectores productivos, que es afectada por crisis o shocks microeconómicos independientes, la volatilidad agregada tendrá una magnitud proporcional a  $1/\sqrt{n}$ , un efecto despreciable cuando se tienen altos niveles de desagregación económica (Acemoglu et al., 2012, p. 2). En este estudio se busca entender por qué lo que enuncia la teoría macroeconómica clásica no necesariamente se cumple, por qué existen sectores que si se desestabilizan pueden generar impactos profundos en la economía, y la volatilidad agregada no tiene una magnitud proporcional a  $1/\sqrt{n}$ , ni sus efectos son despreciables; para la economía ecuatoriana ha sido el caso del sector petrolero, el sector financiero, bananero, entre otros.

#### **1.1. La historia de la volatilidad macroeconómica en Ecuador: una breve reseña**

En la historia de Ecuador como de otras naciones del mundo, se ha visto crisis que han atravesado diferentes sectores en diferentes épocas, y los gobiernos de turno han tenido que intervenir en mayor o menor medida; como por ejemplo, en Ecuador la crisis financiera de fines de los años 90, la crisis petrolera a fines de los años 70, en Estados Unidos en años recientes el salvataje al sector automotriz, el

apoyo al sector financiero, entre otros. Por otro lado un caso particular de crisis, fue cuando el gobierno del Presidente Rafael Correa decretó la prohibición de la producción de armas en el cantón Chimbo de la provincia de Bolívar, la gran mayoría del pueblo vivía de esa producción, y sin embargo esta crisis no se sintió en gran escala como ha pasado con las caídas del precio del petróleo o las quiebras bancarias. La pregunta es por qué no se hace la misma intervención gubernamental cuando cada sector de la economía entra en crisis, y si se lo hace por qué no todos son de la misma escala.

Viendo la historia económica ecuatoriana se aprecia que no todos los sectores tienen la misma influencia sobre el resto de sectores, tal es así que por varios años Ecuador ha sido un país que subsidia la gasolina y el gas; en varios gobiernos se ha tratado de reducir este subsidio, lo cual ha llegado a definir la continuidad de los mismos. A pesar de que se puede tener el referente de si un sector es más o menos vital para el día a día de todos los ecuatorianos, todavía se pueden hacer más y mejores estimaciones matemáticas, para tener una idea más clara de cuál es el comportamiento de cada sector; la teoría económica clásica asume que todos los sectores tienen igual impacto en la economía, por eso es que toma como referencia el teorema del Límite Central para definir la magnitud de los shocks independientes.

Surge la necesidad de primero entender si la estructura de la economía ecuatoriana está distribuida de manera uniforme para todos los sectores, y si no es así tratar de conocer cuál es la influencia de cada sector.

Adicionalmente es importante tener en cuenta que el ejemplo de la reducción del subsidio a los combustibles en Ecuador, no sólo afecta al sector de

transporte como sector que utiliza directamente el insumo, sino que tiene una influencia de manera indirecta en otros sectores que depende del transporte, como el comercio, presentando así un efecto de cascada. Si el precio de transportar productos aumenta de manera significativa, esto va a afectar el precio de venta de los productos transportados; por dar un ejemplo el transporte de acero, este bien es insumo de algunos sectores ecuatorianos, como el sector inmobiliario, el sector de la metalurgia, construcción vial entre otros, que se ven obligados a incrementar el precio de sus productos para compensar el costo del transporte; esto a su vez reduce la demanda y empieza a generar recesión.

El modelo de redes puede ayudarnos a determinar cuál es la estructura de la economía, así como también conocer qué tan balanceada es la participación de cada sector en la misma, y poder tener una herramienta adicional para la toma de decisiones macroeconómicas.

## **1.2. Importancia de conocer la influencia de los sectores económicos:**

El poder determinar si un shock en un sector de la economía va a implicar un impacto macroeconómico a gran, mediana o baja escala, es de mucha ayuda para poder definir políticas macroeconómicas, para que el Gobierno pueda tomar acciones en cuanto a medidas preventivas en caso de crisis tanto de los sectores directamente afectados, así como de todos aquellos afectados indirectamente; medidas de impulso económico que permitan generar valor a aquellos sectores de mayor influencia en la economía así como fortalecer a aquellos sectores que no son tan influyentes.

En Ecuador no se ha hecho un estudio en el cual se haya aplicado un modelo de redes, para analizar la influencia que tiene cada sector de la economía, como proveedor y demandante de insumos de otros sectores de la economía, y con esto determinar la volatilidad agregada de la economía cuando existen shocks independiente de uno o varios sectores microeconómicos. Este modelo de redes permite conocer de manera matemática el tipo de estructura económica, entendiendo las interconexiones entre los distintos sectores.

### **1.3. Hipótesis:**

El presente trabajo busca analizar la economía ecuatoriana, con el objetivo de ver las interconexiones entre los distintos sectores de la economía, para demostrar que no todos los sectores tienen la misma influencia sobre la volatilidad agregada, y que siendo un país que se dedica a la producción de productos primarios, la dependencia de la economía sobre ciertos sectores puede ser alta, y que esto representa un problema al momento de generar una política económica.

Adicionalmente se busca conocer la influencia indirecta que pueden tener los distintos sectores de la economía. Lo cuál nos lleva a plantear la pregunta importante del presente trabajo, ¿Cómo afectan las relaciones intersectoriales a la volatilidad agregada de la economía ecuatoriana?

### **1.4. Contexto y marco teórico:**

#### **1.4.1 . Modelos de redes:**

Los modelos de redes, en la actualidad tienen muchas aplicaciones en distintas ciencias, entre ellas está la computación, el reconocimiento de patrones,

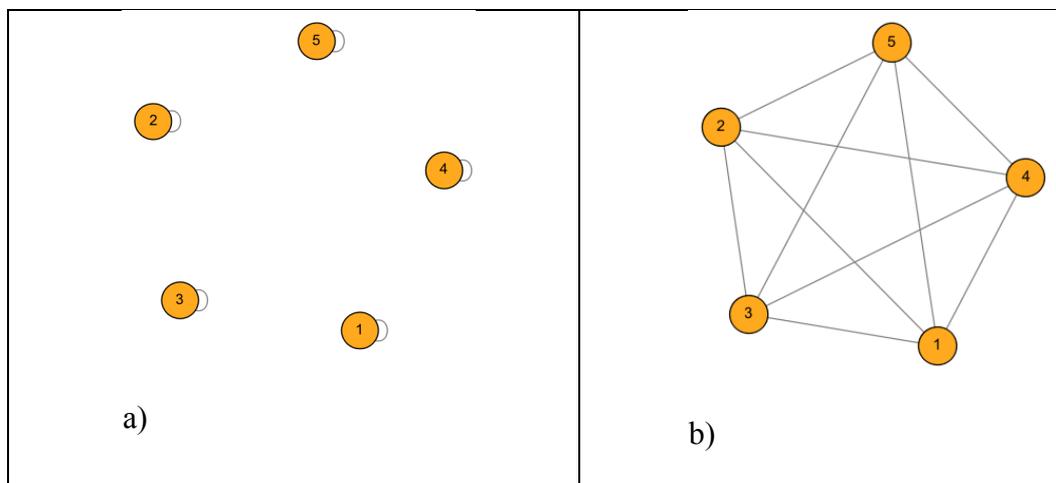
entre otras. En este estudio su uso nos permite visualizar la interacción de los sectores de la economía y adicionalmente el peso que tiene esa interacción.

La cantidad de sectores de la economía ecuatoriana es pequeña (34 sectores definidos entre 1975 y 1995, 71 sectores definidos para la matriz Insumo-Producto 2010), comparada con otras como la economía estadounidense (en promedio aproximadamente 500 sectores definidos para las matrices Insumo-Producto desde 1972 hasta 2002), pero en Ecuador al igual que en Estados Unidos, el gobierno ha tenido que tomar acciones en casos de crisis de sectores específicos de la economía, eso nos da una idea de que al igual que en Estados Unidos, Ecuador tiene una estructura económica que puede ser vista desde el punto de vista de un modelo de redes que ayude a entender si existen sectores con mayor o menor influencia en la economía en general.

El uso de un modelo de redes tiene sentido porque como ya se ha comentado, los sectores económicos no funcionan de manera independiente como islas dentro de una economía, al contrario todos están relacionados porque entre ellos existe una relación de proveedor y demandante, en el caso de los productos que cada uno genera o requiere, respectivamente, tanto de manera directa como indirecta. Por otro lado la relación se da por el factor humano, los salarios que reciben los ecuatorianos, el precio de los bienes que tienen que comprar, la disponibilidad de los productos entre otros; que produce un efecto de cascada cuando existe un shock.

Existen varios modelos de redes, de entre los cuales se debe reconocer el que más se asemeja a la realidad económica de Ecuador. Según la teoría macroeconómica clásica, asume que la interacción entre sectores se presenta como

una estructura simétrica, que visto desde el punto de vista de un modelo de redes puede presentarse de la siguiente manera:



*Figura 1. Escenarios de redes que representan la interacción simétrica entre sectores, donde cada sector tiene el mismo impacto sobre la economía.*

Las redes de la Figura 1, no representan la realidad de las economías, ya que es improbable que exista una economía donde cada sector dependa únicamente de sí mismo y que no tenga ninguna conexión con otros sectores; o que todos los sectores suministren insumos en la misma proporción al resto de sectores de la economía.

Para estudiar la interacción económica se deben tomar en cuenta grafos donde la interacción entre los distintos sectores económicos no es simétrica, ya que no todos los sectores son proveedores de todo el resto, y existen sectores que proveen a más sectores que otros; en el caso de Economía Ecuatoriana el sistema financiero es uno de ellos, como ya veremos más adelante. A continuación se presenta un grafo donde la interacción entre los distintos sectores económicos no es simétrica, como ejemplo se muestra cuando un sector es crítico para muchos otros y no viceversa:

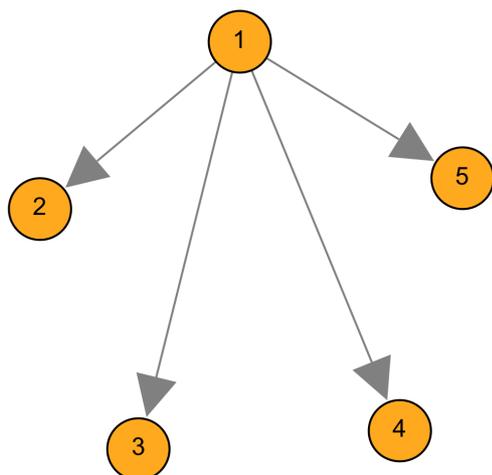


Figura 2. Escenario de redes que representa las interacciones no simétricas entre sectores, donde no todos los sectores tiene el mismo impacto sobre la economía.

#### 1.4.2. Matriz de producción de Leontief:

Para poder representar la economía ecuatoriana en un modelo de redes, se usó la matriz de coeficientes (Banco Central del Ecuador, 2014b), la cual está publicada para la matriz Insumo-Producto del 2010 (Banco Central del Ecuador, 2014a), mientras que para las matrices históricas usadas en el presente estudio (1995, 1993, 1990, 1985, 1980 y 1975), se calculó la matriz de coeficientes, basado en el cálculo de la matriz de producción de Leontief:

$$\text{Total producido} = \text{Consumos intermedios} + \text{Demanda final}$$

$$X = A + Y$$

Donde  $Y$  y  $X$  son vectores columna, y  $A$  es la matriz de consumos intermedios que se compone de la siguiente manera:

$$A = W_n X$$

A la matriz de coeficientes técnicos se le denota con  $W_n$ , que es una matriz cuadrada  $n \times n$ , donde  $n$  representa el número de sectores que tiene la matriz, y cada

componente se representa como  $w_{ij}$ . Para obtener cada componente de  $W_n$  se calcula la relación:

$$w_{ij} = \frac{a_{ij}}{X_j} \quad (1)$$

Donde  $X_j$  es el vector del Total Producido;  $a_{ij}$  representa a cada uno de los componentes de la matriz A (Banco Central del Ecuador, 2014b).

Cada nodo del grafo a ser estudiado, representa un sector de la Economía Ecuatoriana, y las aristas están definidas por el valor  $w_{ij} > 0$ , que muestra la relación a través de la arista dirigida entre el sector  $i$  y el sector  $j$ , donde el sector  $i$  es proveedor del sector  $j$ .

### 1.4.3. Definiciones, Supuestos, Corolarios y Teoremas:

En este estudio se toma como referencia los supuestos, definiciones, corolarios y teoremas desarrollados por (Acemoglu et al., 2012), que se enlistan a continuación, incluyendo los ajustes realizados en este estudio para el caso ecuatoriano, así como las definiciones que ayudan a entender los análisis realizados en el capítulo 3:

**Supuesto 1:** En este estudio, al igual que en estudio hecho por Acemoglu et al., (2012, p. 8), se usa el modelo de producción de Cobb-Douglas, debido a que ayuda a representar de manera sencilla la interacción de trabajo, capital y tecnología, asume rendimientos constantes, donde la producción del sector  $i$  está determinado por:

$$x_i = z_i^\alpha l_i^\alpha \prod_{j=1}^n x_{ij}^{(1-\alpha)w_{ij}} \quad (2)$$

Donde  $l_i$  es la cantidad de trabajo usado por un sector,  $\alpha \in (0,1)$  y determina la proporción de mano de obra usada en la economía,  $x_{ij}$  representa la cantidad de insumo  $j$  usado para la producción del bien  $i$ ,  $z_i$  representa los shocks del sector  $i$ , que se asume son independientes entre los sectores.

**Supuesto 2:** Se asume que la economía presenta un equilibrio competitivo.

**Supuesto 3:** Los shocks microeconómicos se asume presentan dos características importantes:

- a)  $\mathbb{E}\varepsilon_i = 0$ , donde  $\varepsilon_i$  representa el logaritmo de los shocks microeconómicos ( $\varepsilon_i \equiv \log z_i$ ), e implica que la esperanza del logaritmo de los distintos shocks microeconómicos es cero.
- b)  $var(\varepsilon_i) = \sigma_i^2 \varepsilon(\underline{\sigma}^2, \bar{\sigma}^2)$ , donde  $0 < \underline{\sigma} < \bar{\sigma}$ , lo cual indica que la varianza del logaritmo de los shocks microeconómicos, tiene cota superior e inferior, independientemente de la cantidad de sectores que tenga la economía estudiada. (Acemoglu et al., 2012, p. 11)

**Volatilidad agregada:** Para este estudio la volatilidad agregada se analiza desde dos puntos de vista, i) el primero es a través de la implementación de un vector de influencia, que es tomado como referencia el vector usado por Acemoglu et al., (2012, p. 9), y ii) se hace un análisis de colas pesadas a través de estimación por regresión lineal y de Estimadores de Máxima Verosimilitud (EMV). A continuación se define cada uno.

**Vector de influencia:** Es una combinación lineal que se basa en la Matriz inversa de Leontief, a la cual se le aplica un valor de shock, definido como  $\alpha$  y su longitud total, definido a través de su norma 2, se compara con la volatilidad agregada presentada en la teoría macroeconómica clásica (con una magnitud

proporcional a  $1/\sqrt{n}$ ), y que para este estudio se asume que la norma del vector de influencia será mayor que  $1/\sqrt{n}$ . El vector de influencia está definido matemáticamente así:

$$v \equiv \frac{\alpha}{n} [I - (1 - \alpha)W]^{-1} \mathbf{1} \quad (3)$$

Donde  $\mathbf{1}$  representa un vector de unos, que tiene la dimensión necesaria para poder realizar la multiplicación planteada. Para el coeficiente  $\alpha$ , se han tomado en consideración dos aspectos, el primero es que en la teoría macroeconómica clásica, dados los distintos estudios sobre este coeficiente en Estados Unidos, se usa el dato estadounidense en el que  $\alpha_1 = 0.3333$  (Mishkin, 2012, p. 48). Adicionalmente en un estudio realizado a la Economía Ecuatoriana (Borja, 2014), en el que a través de un análisis econométrico se obtiene un  $\alpha_2 = 0.50186$ . Para este estudio se hizo una comparación de resultados con ambos valores de  $\alpha$ . La norma 2 del vector de influencia, ayuda a determinar la velocidad de propagación de un shock en caso de una red, que representa la interacción no simétrica entre los sectores económicos.  $\|v_1\|_2$  es la norma 2 del vector de influencia utilizando un  $\alpha_1 = 0.3333$  (Mishkin, 2012, p. 48), mientras que  $\|v_2\|_2$  se calculó usando  $\alpha_2 = 0.50186$  (Borja, 2014).

Una vez definido el vector de influencia es importante explicar la manera de realizar el análisis que permitirá ver si existen o no distribuciones de colas pesadas, en la interacción de los sectores económicos ecuatorianos, para lo cual se deben realizar las siguientes definiciones:

**Conexiones de primer orden:** Conexión de primer orden es la relación directa que existe entre un sector, y todos los sectores con los cuales tiene intercambios comerciales. Estos intercambios comerciales están definidos por la

matriz  $W$  (Matriz de coeficientes técnicos de la matriz Insumo-Producto). Parte de la aplicación de un modelo de redes, es poder entender la afectación que tendrá un shock de un sector, en los sectores que están directamente ligados a este. Como sucede en el caso de la gasolina y el sector del transporte, las medicinas y el sector de la salud, entre otros.

### **Grado de producción ponderada de las conexiones de primer orden:**

Una vez obtenida la matriz de coeficientes técnicos para cada periodo estudiado, se define el grado de producción de un sector  $i$ , a la sumatoria del  $i$ -ésimo sector (producción del sector  $i$ ), se lo denota como  $d_i^p$ , donde el superíndice  $p$  lo identifica como grado de producción, el subíndice  $i$  representa al  $i$ -ésimo sector. Para realizar los cálculos del grado de producción se normalizan las matrices  $W_n$ , con el fin de poder comparar las distribuciones entre los distintos periodos de estudio estandarizando los datos, para cada valor encontrado en la ecuación (1) así:

$$wn_{ij} \equiv \frac{w_{ij}}{W_j} \quad (4)$$

Donde  $W_j$  es la sumatoria de los elementos calculados en la ecuación (1), de cada columna de la matriz de coeficientes técnicos.

Una vez normalizados los componentes de la matriz de coeficiente técnicos se procede a calcular los grados de producción ponderada de las conexiones de primer orden, a través del siguiente cálculo:

$$d_i^p \equiv \sum_{j=1}^n wn_{ji} \quad (5)$$

Los grados de producción ponderada de primer orden, son el principal objeto de análisis porque debe permitirnos ver cuáles son los mayores proveedores del mercado ecuatoriano, y cuál es el impacto en caso de que estos sectores dejen de proveer los insumos necesarios para el resto de sectores de la economía.

**Grado de demanda ponderada de las conexiones de primer orden:** El grado de demanda de insumos del sector  $j$ , es la sumatoria de  $j$ -ésimo sector (demanda del sector  $j$ ), se lo denota como  $d_j^c$ , donde el superíndice  $c$  lo identifica como grado de demanda, el subíndice  $j$  representa al  $j$ -ésimo sector:

$$d_j^c = \sum_{i=1}^n w_{ij} \quad (6)$$

Para este estudio no se normalizan los grados de demanda ponderada de las conexiones de primer orden, ya que sólo servirán para tener una idea de los mayores demandantes de productos nacionales, pero este estudio se centra mayormente en los grados de producción ponderada.

El comportamiento tanto de los grados de producción servirán para entender si siguen una ley de potencia, para lo cual es necesario puntualizar las siguientes definiciones:

**Estimación de la distribución de densidad de los grados de producción y de demanda:** Para poder hacer la estimación de la distribución de densidad tanto para grados de producción como para grados de demanda, se utiliza técnicas no paramétricas, que de acuerdo a Izenman, (2008, p. 75) se define:

Una técnica no paramétrica consiste en una alternativa sofisticada a los modelos paramétricos tradicionales...Lo que hace tan interesante a estas técnicas alternativas, es que no hacen ningún supuesto sobre alguna

distribución específica, así, pueden ser usadas como un análisis exploratorio inicial de los datos.

Estimación de densidad no paramétrica, puede ser efectiva en los siguientes casos, multimodalidad, comportamientos de colas y sesgos... (Izenman, 2008, p. 76).

“La idea de realizar una aproximación no paramétrica, es evitar los supuestos restrictivos acerca de una familia de funciones de densidad, y estimar esto directamente de los datos” (Zucchini, 2003, p. 3).

Al no conocer la distribución de densidad que siguen los grados de producción y los grados de demanda, se usa una estimación de densidad no paramétrica, a través de un Kernel Gaussiano. El Kernel Gaussiano es una función que está definida por:

$$w(t, h) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}h} e^{-\left(t^2/2h^2\right)}, -\infty < t < \infty, \text{ (Zucchini, 2003, p. 5)} \quad (7)$$

**Ley de potencia:** “Una cantidad  $x$  obedece a una ley de potencia, si su probabilidad está dada por la función  $p(x) \propto x^{-\beta}$ ” (Clauset et al., 2009, p. 2). Como se puede apreciar en la definición de la función por parte de Clauset et al., (2009), diverge cuando  $x \rightarrow 0$ , por lo que se debe encontrar un valor mínimo de  $x$  ( $x_{min}$ ), con lo que se puede estimar un valor  $\beta$  para la estimación de la distribución con ley de potencia. Para el presente estudio se asume que la variable estudiada, grados de producción, es una variable aleatoria continua dadas sus características, por ende su función de densidad es:

$$p(x)dx = Pr(x \leq X < x + dx) = Cx^{-\beta}dx \quad (8)$$

Donde  $C$  es una constante de normalización. Aplica para todo  $x \geq x_{min}$  y  $\beta > 1$ .

Es importante mencionar que para este estudio se toman en consideración dos maneras de calcular el parámetro de la cola pesada, cada una presenta sus propios cálculos del valor mínimo de  $x$  ( $x_{min}$ ) y sus tests para definir si la serie estudiada en cada periodo, sigue o no una ley de potencia a través del cálculo del valor-p, que se describen a continuación:

#### **Definición de parámetro de cola pesada a través de regresión lineal**

**simple:** Basado en el trabajo de Acemoglu et al., (2012, p. 5), se define al parámetro de la ley de potencia que siguen los grados de producción de primer orden como  $\hat{\beta} \in (1,2)$ , que es calculado a través de regresión lineal simple, realizando una transformación lineal aplicando logaritmos a la función exponencial de colas pesadas expresada en (9), “Desafortunadamente, este procedimiento es muy sesgado con muestras pequeñas” (Gabaix & Ibragimov, 2007, p. 17), por lo cual se aplica la corrección de 0.5 en el rango (Gabaix & Ibragimov, 2007, p. 17), ya que esta corrección ayuda a evitar el sesgo en la estimación, así:

$$\log(y - 1/2) = \log C - \hat{\beta} \log x \quad (9)$$

**Definición de parámetro de cola pesada a través de Estimadores de Máxima Verosimilitud (EMV):** Un Estimador de Máxima Verosimilitud para el caso de una distribución continua se define como:

$$\hat{\alpha} = 1 + n \left[ \sum_{i=1}^n \ln \frac{x_i}{x_{min}} \right]^{-1} \quad (10)$$

Donde  $x_i$ ,  $i = 1 \dots n$ , son los datos observados para todos los  $x$  tal que  $x_i \geq x_{min}$  (Clauset et al., 2009).

Se aplica la estimación del parámetro de la cola pesada, basado en el trabajo realizado por Clauset et al., (2009), ya que es un estudio amplio sobre la estimación de los parámetros de colas pesadas, a través de Estimadores de Máxima Verosimilitud (EMV). Se define al parámetro de la ley de potencia que siguen los grados de producción de primer orden, calculado a través de Estimadores de Máxima Verosimilitud como  $\hat{\alpha}_1$ , a continuación definimos el valor de  $x_{min}$ , y las pruebas para definir si los datos siguen o no una ley de potencia.

**Definición de cálculo de valor mínimo de  $x$  ( $x_{min}$ ) para estimación de parámetro de cola pesada:** En el estudio realizado por Acemoglu et al., (2012), se define de manera empírica que el valor de  $x_{min}$ , es el valor desde el cual se encuentran el 20% de los sectores con mayor grado de producción tanto de primero como de segundo orden, y durante el estudio de manera gráfica se visualiza que los datos escogidos siguen una ley de potencia.

En el caso de la tesis realizada por Carvalho, (Carvalho, 2008), hace un análisis para varios cortes, con los cuales obtiene las observaciones para el cálculo de  $\hat{\beta}$  y más adelante de  $\hat{\zeta}$  (para el parámetro de las conexiones de segundo grado), con estos cortes los estimadores se encontrarían entre 1 y 2 (los extremos no incluidos).

Carvalho encuentra que si cambia el corte de los sectores a ser usados para el estudio, los estimadores pueden encontrarse entre 2 y 3 (los extremos no incluidos), lo que indica que el número de sectores de la economía utilizados tienen segundos o superiores momentos más divergentes; si los estimadores se encuentran

entre 1 y 2 (los extremos no incluidos), los sectores tendrán también medias divergentes (Carvalho, 2008).

Según Clauset et al., (2009), el parámetro de escalamiento o exponente, típicamente se encuentre entre 2 y 3, aunque pueden existir excepciones.

Carvalho adicionalmente encuentra en su tesis que mientras más se reduce la cantidad de sectores con los que se trabaja para la estimación de los parámetros de las colas pesadas, esto provoca que el error estándar aumente (Carvalho, 2008).

Por el contrario, para el presente estudio no se puede tomar como referencia el criterio sobre  $x_{min}$  usado por Acemoglu et al., (2012), ni por Carvalho, (2008), debido a que la cantidad de sectores que tienen la matriz Insumo-Producto ecuatoriana, que son como máximo 71 sectores económicos (sólo para el año 2010, entre 1975 y 1995 sólo posee 34 sectores económicos), por lo que es necesario tomar como referencia otras maneras de obtener el valor de  $x_{min}$ .

Cómo se puede apreciar en el capítulo 3 del presente estudio, en la Figura 9, donde se compara la función de distribución contra acumulada empírica de los grados de producción ponderado de primer orden para cada uno de los años de estudio, con la función de distribución teórica, no es claro si los grados de producción de primer orden siguen o no una ley de potencia, y si lo hace desde qué punto empieza la cola pesada de la serie.

Para este estudio se hizo un análisis primero para determinar la cantidad de datos que se encuentran a más de una desviación estándar (ver tabla 5), que resultó como máximo en 6 sectores económicos que representan menos del 20% del total de sectores, al analizar la cantidad de sectores que se encuentran en el cuarto cuartil (ver tabla 6) se encontró que son menos del 27% del total de sectores; al tratar de

definir un dato empírico se optó entonces por analizar el total de los datos, y el 50% de los datos, y se usa el valor-p (que se define más adelante) para saber si los datos siguen o no una ley de potencia.

En el estudio realizado por Clauset et al., (2009), hace un análisis de la importancia de reconocer el valor de  $x_{min}$ , en el que concluye que no necesariamente toda una serie de datos debe seguir una distribución con ley de potencia, si no sólo una parte de la distribución, y el primer reto para poder calcular el parámetro  $\beta$ , definido en la ecuación (8), es encontrar el valor desde el cual los datos siguen la ley de potencia.

El tomar menos datos o más datos para estimar la ley de potencia, es decir obtener un  $x_{min}$  muy alto o muy bajo, respectivamente, incluirán datos que no siguen una ley de potencia o por el contrario no tendrá la información completa, que en cualquiera de los casos entregaría un parámetro de cola pesada sesgado.

Clauset et al., (2009), en su estudio adicionalmente concluyen que definir un punto  $x_{min}$  basado en la observación gráfica (en este caso la función de distribución contra acumulada), es muy subjetivo y se puede cometer errores, empezando por asumir que la serie sigue una ley de potencia cuando no necesariamente es así. Clauset et al., (2009), hacen la estimación del  $x_{min}$ , utilizando el estadístico de Kolmogorov-Smirnov, que se define así:

$$D = \max_{x \geq x_{min}} |S(x) - P(x)| \quad (11)$$

“Donde  $S(x)$  es la Función de Densidad Acumulada de los datos observados mayores a  $x_{min}$ , y  $P(x)$  es la Función de Densidad Acumulada del modelo de cola pesada que mejor se ajusta a los datos empíricos, en la región de

datos mayores a  $x_{min}$ . El valor  $x_{min}$  que se obtiene es aquel que minimiza  $D$ ” (Clauset et al., 2009).

Para construir  $P(x)$  se utiliza un re muestreo bootstrap, construyendo una nueva secuencia de datos, de manera uniforme desde los datos empíricos, para que ambas secuencias tengan distribuciones similares.

Este cálculo no garantiza que los datos sigan una ley de potencia, por lo cual es importante calcular el valor-p como test, en base al estadístico de Komogorov-Smirnov (Clauset et al., 2009, p. 14), como se define a continuación:

**Test para medir la bondad de ajuste de la ley de potencia:** Para medir qué tan bien se ajusta la serie de datos que se encuentra sobre el valor  $x_{min}$ , a una ley de potencia se va a calcular el valor-p. Este índice se basa en la distancia que existe entre los datos empíricos y la distribución teórica. Para este cálculo también se va a usar el estadístico del Kolmogorov-Smirnov (ver ecuación 11).

Se construyen 1000 conjuntos de datos teóricos, que tienen la misma cantidad de datos que el conjunto de datos empíricos, así como también toman sus valores ya calculados de  $x_{min}$  y de  $\hat{\alpha}$ .

Para la construcción de los datos teóricos se utiliza la metodología de bootstrap semiparamétrico, ya que los datos por debajo del valor encontrado de  $x_{min}$  deben seguir una distribución parecida a la de los datos empíricos, mientras que los datos sobre  $x_{min}$  deben seguir una ley de potencia. La estrategia planteada por Clauset et al., (2009), dice:

Suponga que los datos observados tienen,  $n_{tail}$  observaciones mayores que  $x_{min}$ , del total  $n$  de datos.... Con probabilidad  $n_{tail}/n$  se generan un número aleatorio de  $x_i$ , que tienen parámetro  $\hat{\alpha}$  y una cantidad de datos

igual a  $n_{tail}$ . Por otro lado, con probabilidad  $1 - n_{tail}/n$  se selecciona, de forma uniformemente aleatoria un elemento de los datos observados que cumplen con  $x < x_{min}$ .... Se repite este proceso para todos los  $i = 1 \dots n$ , con lo cual se generan datos que siguen una ley de potencia si están sobre  $x_{min}$  y la misma distribución que los datos que están por debajo de  $x_{min}$ .

Una vez que se han obtenido los distintos conjuntos de datos teóricos, el valor-p consiste en la fracción de veces que el índice del Kolmogorov-Smirnov de los datos teóricos es mayor que el calculado para los datos empíricos, y tomando la misma estrategia que Clauset et al., (2009), se define que una serie de datos sigue una ley de potencia si el valor-p encontrado es mayor que 0.1.

**Conexiones de segundo orden:** Conexión de segundo orden, se define como la relación indirecta que existe, entre un sector  $i$  y los sectores que tienen intercambios comerciales, con los sectores que interactúan directamente con el sector  $i$ . Una vez definidas las interconexiones de primer orden, es importante definir las características de las interconexiones de segundo orden, ya que son las que van a permitir ver el impacto que tiene un shock de un sector, sobre sectores influenciados de manera indirecta, como por ejemplo si sube la gasolina como se ven afectados los sectores que dependen del transporte, como el comercio, construcción, entre otros.

A continuación se presentan dos ejemplos de modelos de redes en el que un shock en el sector 1 no tiene el mismo efecto, ambos modelos tienen el mismo grado pero la volatilidad agregada va a tener distintos impactos:

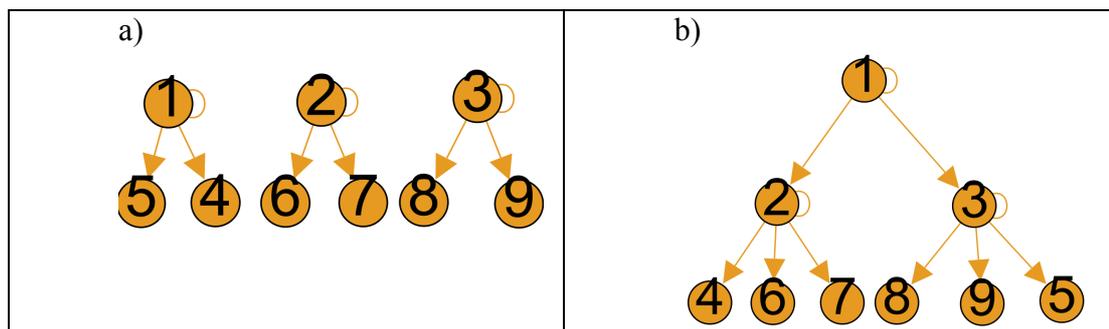


Figura 3. Dos posibles escenarios para la propagación de shocks dadas dos estructuras simples de redes. En la Figura 3a) se puede ver como existe una influencia directa de los sectores 1, 2, 3 en los sectores a los que proveen; mientras que en la Figura 3b) se ve que existe un efecto de cascada, si existe un shock en el sector 1.

#### Grado de producción ponderado de las conexiones de segundo orden:

El grado de producción ponderado de segundo orden del  $i$ -ésimo sector, es la combinación lineal de los grados de producción ponderados de primer orden, por la matriz de coeficientes técnicos:

$$q_i^p \equiv \sum_{j=1}^n d_j^p w_{ij} \quad (12)$$

Donde  $d_j^p$  es el grado de producción ponderado de primer orden del  $j$ -ésimo sector y  $w_{ij}$  es el componente de la matriz de coeficientes técnicos en la ubicación  $ij$ -ésima.

Este coeficiente aumenta, cuando existen sectores de grado alto que están conectados, como por ejemplo en Ecuador la discusión por mantener la preferencia arancelaria de ATPDEA, no sólo era una preocupación de los sectores exportadores que perdían el beneficio arancelario, sino de muchos otros sectores que eran proveedores de estos sectores, ya que si las exportaciones se veían afectadas, los

exportadores no podrían comprar la misma cantidad de insumos a los productores ecuatorianos, generándose un efecto de cascada.

Al igual que para los grados de demanda y producción ponderados de primer orden, se utiliza una estimación de densidad no paramétrica, a través de un Kernel Gaussiano.

**Definición de parámetro de cola pesada para grados de producción de segundo orden, a través de regresión lineal simple:** Basado en el trabajo de Acemoglu et al., (2012), se define al parámetro de la ley de potencia que siguen los grados de producción de primer orden como  $\hat{\zeta} \in (1,2)$ , que es calculado a través de regresión lineal simple, realizando una transformación lineal aplicando logaritmos a la función exponencial de colas pesadas (ver ecuación 9), al igual que para los grados de producción ponderados de primer orden.

La estimación del valor de  $x_{min}$  para los grados de producción de segundo orden, también se lo realiza de dos maneras, primero haciendo un análisis empírico, y luego tomando como referencia el estadístico del Kolmogorov-Smirnov (ver ecuación 11), manteniendo el mismo procedimiento usado para los grados de producción de primer orden.

**Definición de parámetro de cola pesada de los grados de producción de segundo orden, a través de Estimadores de Máxima Verosimilitud (EMV):** Al igual que para los grados de producción ponderados de primer orden, se aplica la estimación del parámetro de la cola pesada, basado en el trabajo realizado por Clauset et al., (2009), que se define como  $\hat{\alpha}_2$ .

Tanto para el parámetro estimado a través del regresión lineal simple, como para aquellos calculados a través de EMV, se procederá a obtener el valor-p, para saber si los datos siguen o no una ley de potencia.

En el capítulo 2 se presenta la Metodología utilizada para realizar este estudio, en el capítulo 3 se realiza la aplicación de los cálculos y definiciones presentadas en este capítulo a los datos ecuatorianos, en el capítulo 4 se desarrollan las Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones, y el anexo se presenta el código de programación usado en el capítulo 3.

## CAPÍTULO 2

### METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para poder realizar el presente estudio, se utiliza las herramientas implementadas en el artículo “THE NETWORK ORIGINS OF AGGREGATE FLUCTUATIONS” realizado por Daron Acemoglu, Vasco M. Carvalho, Asuman Ozdaglar y Alireza Tahbaz-Salehi, (2012); ya que es una investigación realizada a la macroeconomía estadounidense, que busca de manera matemática explicar la relación intersectorial de la economía, identificando los efectos de shocks entre los sectores de la economía que tienen una vinculación directa, así como aquellos que tienen una vinculación indirecta, y las fluctuaciones de la volatilidad agregada de la economía debido a shocks independientes que sufren uno o varios sectores de la economía.

La información utilizada se basa en la matriz Insumo-Producto Ecuatoriana, de los años 2010, 1995, 1993, 1990, 1985, 1980 y 1975, preparadas por el Banco Central del Ecuador, porque es la fuente de información más desagregada y confiable que se tiene en el Ecuador, sobre las interrelaciones entre los distintos sectores de la economía.

Es importante mencionar que la metodología usada por el Banco Central para el cálculo de las matrices no es la misma en los distintos años; pero esto no limita o restringe el presente estudio, ya que indistintamente de la metodología usada para construir las matrices, estas reflejan interacciones entre sectores, que es

lo que necesitan los modelos de redes para presentar las relaciones intersectoriales, y su evolución desde 1975.

Se escogieron matrices que representen la mitad y el final de cada década desde 1975, para tener una idea de la estructura económica de cada década; por razones que no se conoce el Banco Central discontinuó la realización de las matrices Insumo-Producto desde 1996 hasta el 2009, que justifica la brecha que existe en la información de este estudio.

La recolección de la información de las matrices se la hizo través de la transcripción de las matrices Insumo-Producto desde 1975 hasta 1990, que se encuentran en los libros de Cuentas Nacionales de la Biblioteca del Banco Central en Quito , ya que no existe un repositorio digital que contenga esta información histórica. Las matrices de 1993, 1994 y 1995 fueron provistas en medio magnético por el Banco Central, y la matriz del 2010 fue publicada en la página web del Banco Central entre mayo y junio del 2014.

La implementación de los cálculos se lo hizo a través del software R, que fue escogido porque es software libre, es de amplia difusión, su sintaxis es amigable y la precisión de sus cálculos es de muy buena calidad.

También se usó el software Gephi, que es software libre, y que permitió realizar los grafos de redes que se presentarán más adelante.

Parte de las herramientas utilizadas para entender la volatilidad agregada de la economía ecuatoriana, fue el código desarrollado por Clauset et al. (2009), para calcular los parámetros de cola pesada, para los grados de producción ponderados

de primer y segundo orden, que se encuentra en <http://tuvalu.santafe.edu/~aaronc/powerlaws/><sup>12</sup>.

La implementación de este estudio comenzó en Enero de 2014, y para poder incluir la matriz Insumo-Producto del 2010, se tuvo que esperar su publicación en el mes de junio para poder tener datos más recientes de la economía ecuatoriana.

---

<sup>1</sup> Para el código de la función `plfit`, se presente como derecho de autor: Copyright (C) 2012 Laurent Dubroca (Sete, France), [laurent.dubroca@gmail.com](mailto:laurent.dubroca@gmail.com), Distributed under GPL 2.0, <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>, PLPVA comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, Matlab to R translation based on the original code of Aaron Clauset (Santa Fe Institute), Source: <http://www.santafe.edu/~aaronc/powerlaws/>

<sup>2</sup> Para el código de la función `plpva`, se presente como derecho de autor: Copyright (C) 2008,2011 Laurent Dubroca, [laurent.dubroca@gmail.com](mailto:laurent.dubroca@gmail.com), (Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli, Italy), Distributed under GPL 3.0, <http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>, PLFIT comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, Matlab to R translation based on the original code of Aaron Clauset (Santa Fe Institute), Source: <http://www.santafe.edu/~aaronc/powerlaws/>

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.1. Análisis de la demanda de insumos:

Para poder entender las conexiones entre los sectores de la economía ecuatoriana, se procedió a hacer primero un análisis de las interconexiones con respecto a la demanda de insumos de un sector  $j$ , de los bienes producidos por otros sectores, esto va a ayudar a saber si existe alguna concentración de un sector de la economía ecuatoriana que demanda más que otros, o si la demanda de los sectores es relativamente equilibrada.

Este análisis se realizó sumando las columnas de la matriz de coeficientes de la matriz Insumo-Producto ecuatoriana para los años mencionados anteriormente ( $d_j^c = \sum_{i=1}^n w_{ij}$ ). Esta suma se puede interpretar como el porcentaje de insumos demandado por el sector  $j$ , para poder producir, que en este estudio es el grado de demanda de insumos. Con esta sumatoria por cada columna de la matriz, se obtiene la estimación no paramétrica de la densidad empírica de los grados de demanda de insumos, a través de una suavización usando un Kernel Gaussiano (ver ecuación (7)), que da como resultado la siguiente figura:

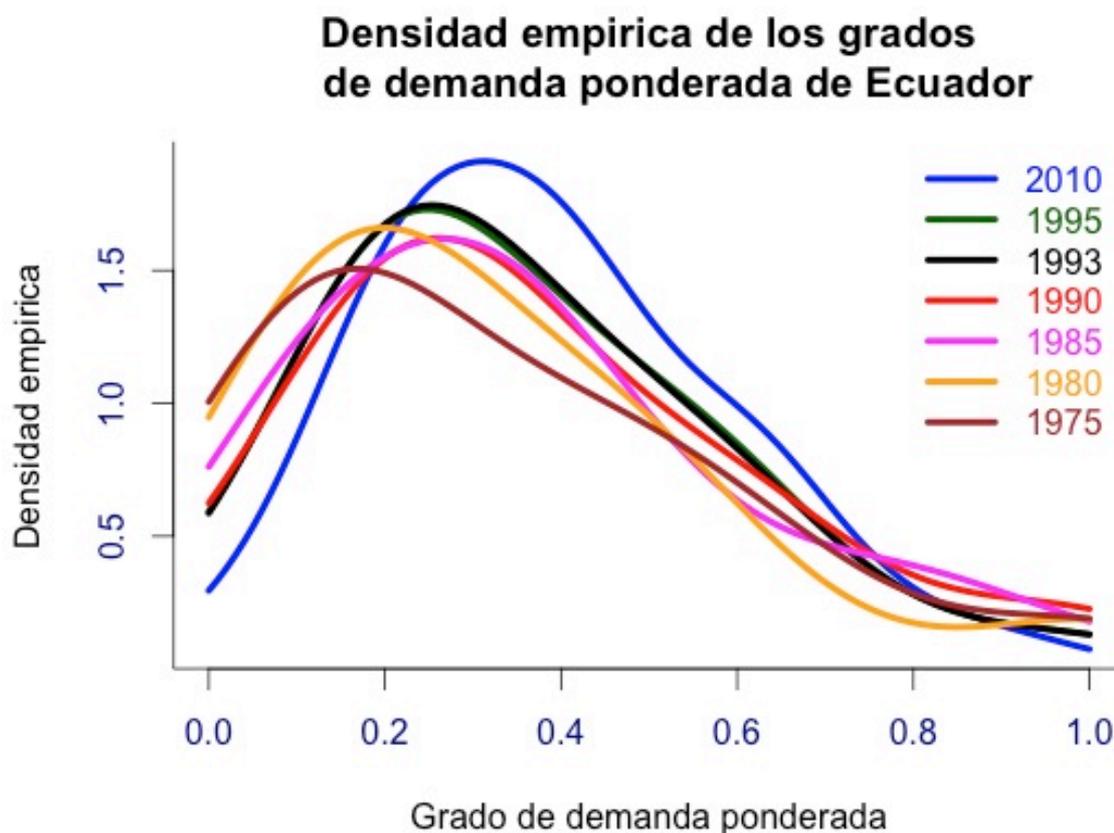


Figura 4. Densidad empírica de los grados de demanda ponderados<sup>3</sup>, de la matriz Insumo-Producto de todos los periodos estudiados del 100% de los datos.<sup>4</sup>,

Es importante ver que existe un sesgo hacia la derecha en las densidades de la Figura 4, esto nos indica que en la economía ecuatoriana históricamente han existido pocos sectores que han demandado más insumos que otros; el promedio de las medias aritméticas para todos los años es de 37.96%; las medias individuales de cada año, con sus respectivas desviaciones estándar y medianas se presentan a continuación:

<sup>3</sup> El ancho de banda del Kernel usado para suavizar la gráfica, lo define automáticamente el software R cuando se hace el cálculo.

<sup>4</sup> A diferencia del artículo realizado en Estados Unidos (Acemoglu et al., 2012) y tesis presentada por Vasco Carvalho (Carvalho, 2008), se tomó el 100% de los sectores para este gráfico.

	Periodo	Sectores	Media	$\sigma$	Mediana
1	2010	71	0.3858	0.1923	0.3636
2	1995	34	0.4153	0.212	0.339
3	1993	34	0.3836	0.2111	0.3352
4	1990	34	0.3827	0.2397	0.3335
5	1985	34	0.3498	0.237	0.3337
6	1980	34	0.3644	0.2415	0.2771
7	1975	34	0.3763	0.2566	0.2976

*Tabla 1. Media aritmética, medianas y la desviación estándar de la concentración del grado de demanda de insumos, para cada año estudiado.*

La tabla 1 muestra que el grado medio de la demanda de insumos de los sectores en los años estudiados está entre un 34.98% (1985) y un 41.53% (1995), que indica que los sectores económicos ecuatorianos requerían en promedio aproximadamente un 38% de los insumos producidos por otros sectores de la economía ecuatoriana, para poder generar su producción; la diferencia (aproximadamente en promedio un 62%) claramente indica que los sectores ecuatorianos lo tuvieron que importar para poder generar su producción.

El sesgo a la derecha de cada periodo, adicionalmente, se ve reflejado en la diferencia que existe entre la media y la mediana de cada periodo, en épocas como 1975 y 1980 es más acentuado el sesgo y la producción nacional requería más del 70% de productos importados, que puede verse como consecuencia del boom petrolero.

	Periodo	% $\pm 1\sigma$
1	2010	0.6338
2	1995	0.5588
3	1993	0.6471
4	1990	0.7353
5	1985	0.7059
6	1980	0.6471
7	1975	0.6176

*Tabla 2. Concentración de datos alrededor de la media con más-menos una desviación estándar.*

En la tabla 2 se puede ver que a más-menos una desviación estándar los datos ecuatorianos se concentran alrededor del 65% en promedio de los años estudiados, menor que el promedio de 71% obtenido en el estudio realizado en Estados Unidos (Acemoglu et al., 2012). A más-menos 2 desviaciones estándar se obtiene un promedio aproximado de 89.1%, por debajo de la concentración promedio del 95% obtenida en el estudio norteamericano (Acemoglu et al., 2012, p. 22).

### **3.2. Análisis de la oferta de insumos:**

**3.2.1. Grado de producción de primer orden:** Usando la ecuación (5) se obtienen los grados de producción de primer orden, que representa las conexiones directas entre la producción de cada sector y sus compradores directos; con estos resultados se obtienen las estimaciones no paramétricas de las densidades empíricas correspondientes, usando un kernel gaussiano (ver ecuación (7)), que nos da los siguientes resultados para los grados de producción de primer orden:

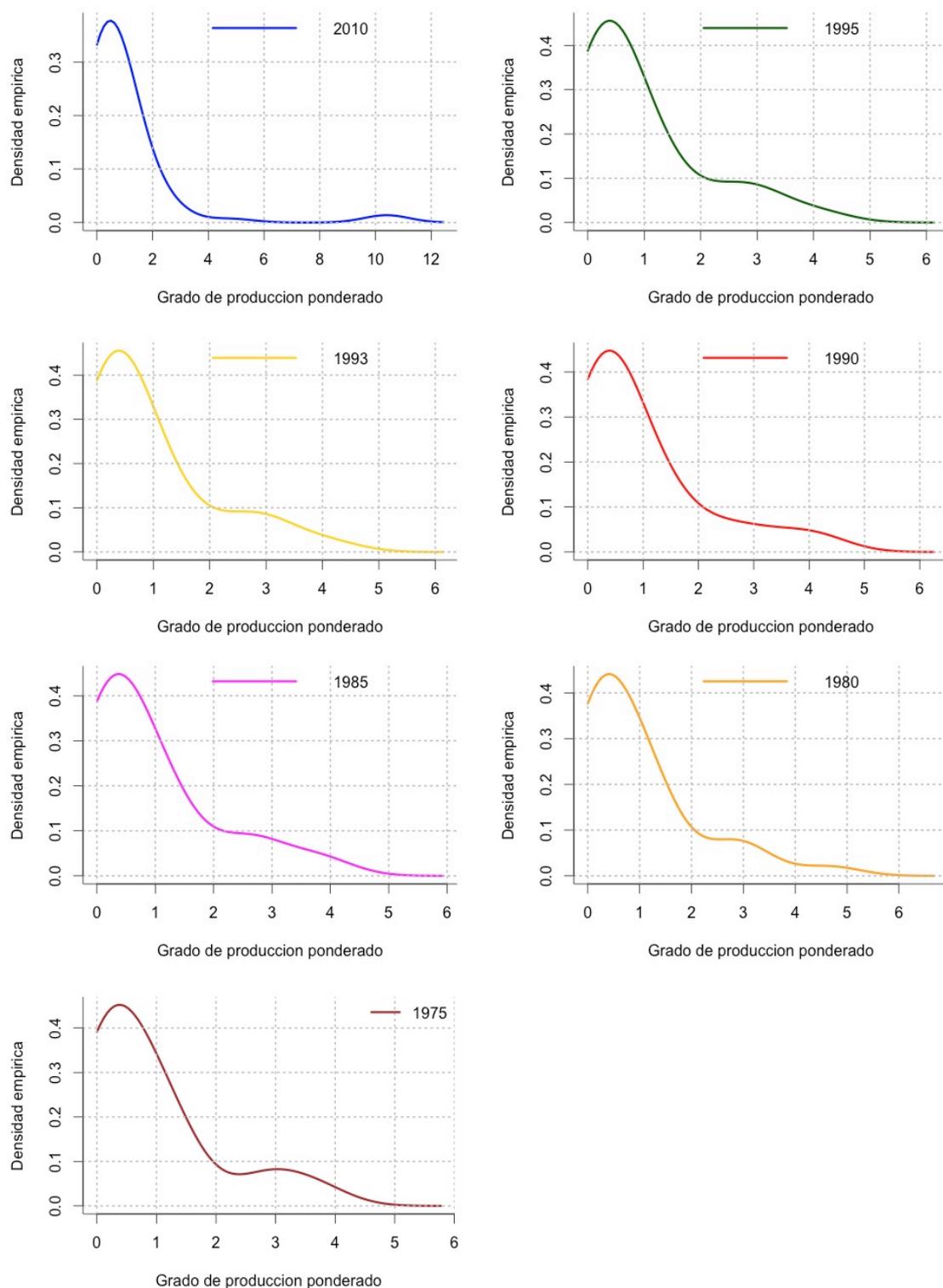
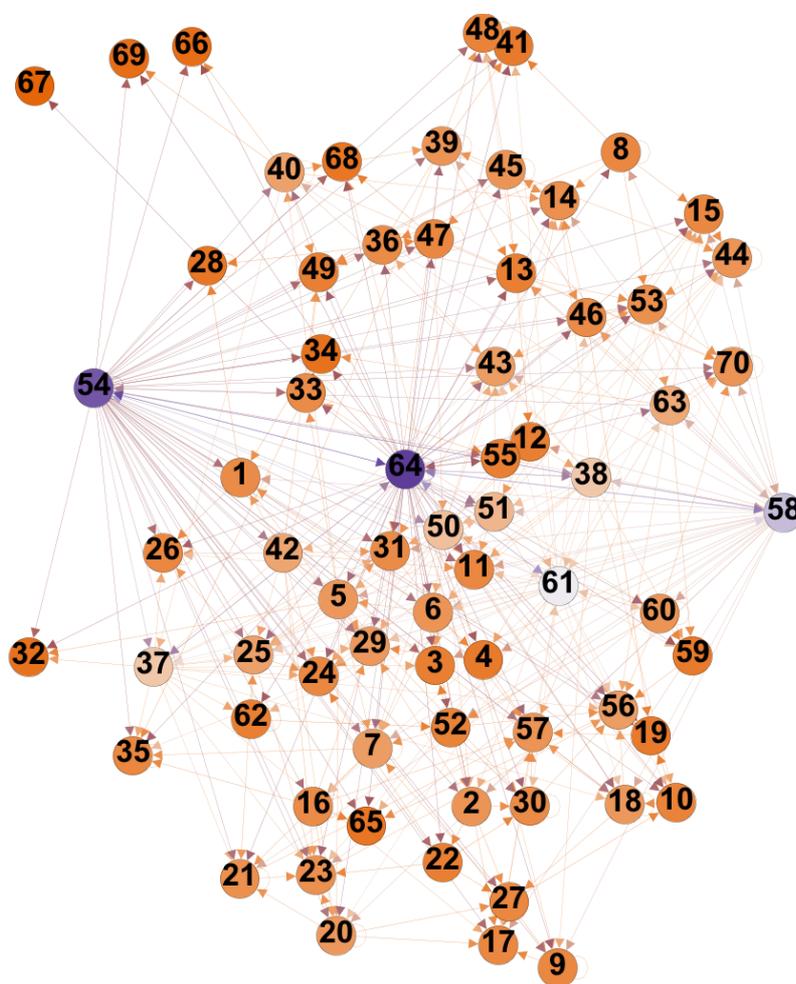


Figura 5: Densidad empírica del grado de producción<sup>5</sup> ponderado de primer orden.

<sup>5</sup> El ancho de banda del Kernel usado para suavizar la gráfica, lo define automáticamente el software R cuando se hace el cálculo.

Esta distribución, a diferencia de la que se presenta en la figura 4, es muy sesgada a la derecha, aparenta presentar una cola pesada, por ejemplo en el 2010, existían pocos sectores muy críticos de la economía, de los cuales dependen muchos otros para poder producir.

Para visualizar mejor la relación entre los sectores de la economía ecuatoriana que tienen tanta relevancia en el año 2010, en cuanto a la venta de insumos, se realizó un gráfico de redes utilizando el software libre Gephi, que nos arroja el siguiente resultado:



*Figura 6: Sectores de la economía ecuatoriana, basado en la matriz de coeficientes técnicos del año 2010, cada nodo representa un sector de la economía, y se ha trazado una arista entre dos nodos cuando tienen un porcentaje de intercambio mayor o igual al 1%. Se marca en color morado los sectores con más participación en la venta de insumos,*

mientras que los nodos de color tomate representan a los sectores, que venden a pocos sectores de la economía.

Como se puede observar en la figura 6, existen 4 sectores que tienen un rol importante en la venta de insumos a otros sectores de la economía<sup>6</sup>.

Al igual que en el caso del 2010, se puede observar en el resto de periodos estudiados, un sesgo a la derecha. Para poder visualizar mejor la distribución de los sectores que tienen mayor relevancia como proveedores de insumos se hace un grafo de redes de la matriz de coeficientes del año 1995 que se presenta a continuación:

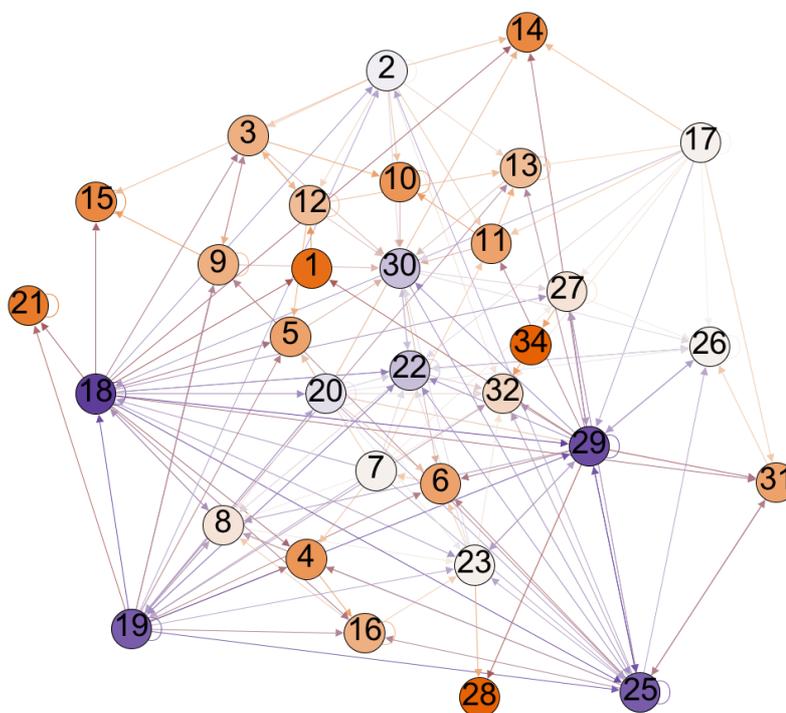


Figura 7: Sectores de la economía ecuatoriana, basado en la matriz de coeficientes técnicos del año 1995, cada nodo representa un sector de la economía, y se ha trazado una arista entre dos nodos cuando tienen un porcentaje de intercambio mayor o igual al 1%. Se marca en color morado los sectores con más participación en la venta de insumos,

<sup>6</sup> los sectores son: 54 (Servicios de Comercio), 64 (Servicios prestados a las empresas y de producción), 58 (Servicios de transporte y almacenamiento) y 61 (Servicios de intermediación financiera). Mayor detalle sobre las cuentas se puede encontrar en la página web del Banco Central (Banco Central del Ecuador, 2011)

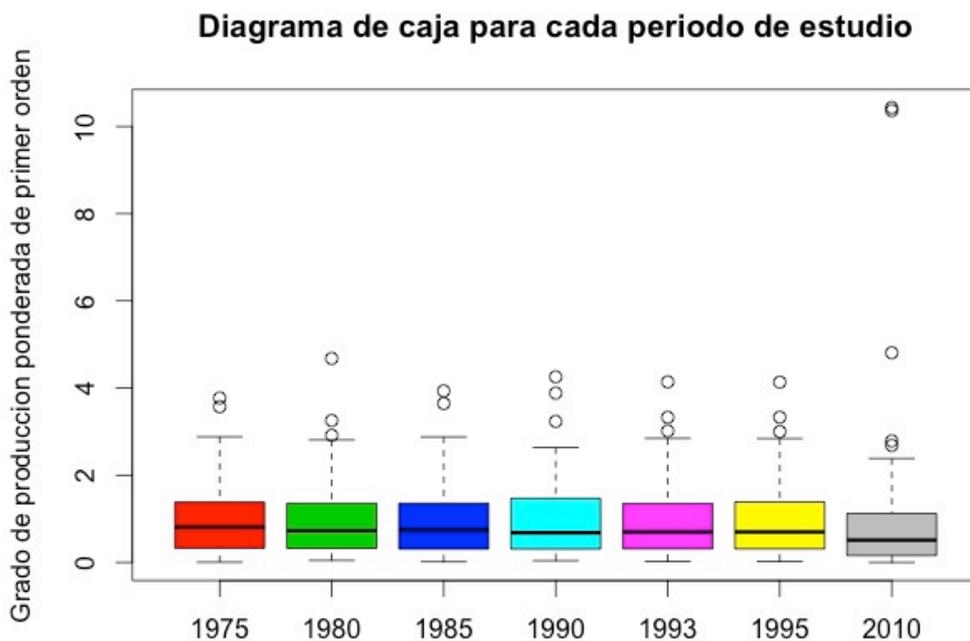
*mientras que los nodos de color tomate representan a los sectores, que venden a pocos sectores de la economía.*

A diferencia del grafo del 2010, se puede observar que en el año 1995, el portafolio de sectores, que proveían una proporción alta de insumos al resto de sectores de la economía, era mucho mayor<sup>7</sup>.

A continuación hacemos un análisis adicional de las medianas y los cuartiles de cada periodo para cuantificar la idea de las altas concentraciones de los grados de producción de primer orden en pocos sectores de la economía ecuatoriana, empezando con una diagrama de caja, para apreciar de mejor manera la presencia de datos atípicos (sectores con grados de producción muy superiores a la mayoría de sectores de la economía):

---

<sup>7</sup> En el grafo de 1995 se presentan como sectores importantes los sectores: 18 (Fabricación de sustancias y productos químicos, del caucho y plástico), 19 (Fabricación de productos metálicos y no metálicos), 29 (Actividades inmobiliarias), 25 (Alojamiento y servicios de alimento y bebida), 20 (Fabricación de maquinaria y equipo; y, equipo de transporte), 22 (Generación, captación y distribución de energía eléctrica, agua; y, saneamiento), 30 (Actividades profesionales, técnicas y administrativas), 2 (Otros cultivos agrícolas), 7 (Extracción de minerales metálicos y no metálicos; y, actividades de apoyo a las minas y canteras), 17 (Fabricación de productos refinados de petróleo y de otros productos), 26 (Transporte y almacenamiento) y 23 (Construcción). El detalle de sectores se obtuvo de la página web del Banco Central del Ecuador (Banco Central del Ecuador, 2014a), Mayor detalle sobre las cuentas también se puede encontrar en la página web del Banco Central (Banco Central del Ecuador, 2011).



*Figura 8. Diagramas de caja de los grados de producción de primer orden para cada periodo de estudio.*

	Periodo	Dato mínimo	Q1 25%	Q2 Mediana	Q3 75%	Dato máximo
1	2010	0	0.1414	0.4318	1.038	10.4319
2	1995	0	0.2236	0.4368	1.2435	4.1345
3	1993	0	0.2243	0.439	1.2443	4.1413
4	1990	0	0.2124	0.479	1.2006	4.2572
5	1985	0	0.2072	0.4112	1.296	3.9335
6	1980	0	0.2118	0.4514	1.3133	4.6774
7	1975	0	0.1712	0.4624	1.19	3.7714

*Tabla 3. Información sobre datos alrededor de la mediana, incluido cuartil 1 (Q1), cuartil 3 (Q3), dato mínimo y dato máximo, grados de producción de primer orden.*

	Periodo	Sectores totales	Medias $\mu$	Medianas	$\sigma$
1	2010	71	0.9859	0.4318	1.8106
2	1995	34	0.9412	0.4368	1.0894
3	1993	34	0.9412	0.439	1.091
4	1990	34	0.9412	0.479	1.132
5	1985	34	0.9412	0.4112	1.087
6	1980	34	0.9412	0.4514	1.1136
7	1975	34	0.9118	0.4624	1.0666

*Tabla 4. Medias, medianas y desviación estándar de los grados de producción de primer orden.*

Los diagramas de caja permiten observar que en todos los periodos de estudio existen pocos sectores atípicos, que representan los principales proveedores para el resto de los sectores económicos ecuatorianos.

Llama la atención que para el año 2010, la presencia de estos sectores atípicos es mucho más pronunciada, y por ende la economía ecuatoriana es más sensible a un shock que pueda presentarse en estos sectores atípicos, que en cualquier otro periodo histórico analizado en este estudio.

La tabla 3 presenta, la diferencia que existe entre el límite del tercer cuartil y el valor más alto, indicando que el último cuartil es muy disperso comparado con el resto de cuartiles.

En la tabla 4, se muestra la diferencia que existe entre las medianas y las medias de los grados de producción de primer orden, ratificando la disparidad que existe en la influencia de pocos sectores dentro de la economía ecuatoriana.

**3.2.2. Análisis de colas pesadas, de los grados de oferta de primer orden:** Al tener una idea del comportamiento de los datos, a través de la estadística

descriptiva presentada en la sección 3.2.1, se realiza el análisis para saber si los grados de producción de primer orden siguen una ley de potencia.

Se empieza calculando el parámetro de la distribución de cola pesada para las conexiones de primer orden, a través de la regresión lineal corregida según Gabaix e Ibragimov (Gabaix & Ibragimov, 2007), para obtener  $\hat{\beta}$  de la ecuación 9, para todos los años estudiados.

Como se mencionó en la sección de Contexto y marco teórico de este estudio, la cantidad de sectores económicos de la Matriz Insumo-Producto ecuatoriana, es menor a 100 (entre 1975 y 1995 sólo se cuenta con 34 sectores de la economía ecuatoriana en total, por tanto con 34 grados de producción, mientras que en el 2010, debido a un cambio en la metodología de construcción de las matrices Insumo-Producto, existen 71 sectores económicos), por lo que primero se hace un análisis para definir de manera empírica la cantidad de datos que pueden encontrarse en la cola pesada.

Primero se decidió analizar la cantidad de sectores que se encuentran a más de una desviación estándar de la media, así como también los sectores que se encuentran en el cuarto cuartil, tomando en cuenta los grados de producción de primer orden y se obtuvo los siguientes resultados:

	Periodo	Sectores totales	Medias $\mu$	$\sigma$	Sectores >1 $\sigma$	%sectores >1 $\sigma$
1	2010	71	0.9859	1.8106	3	4.23
2	1995	34	0.9412	1.0894	6	17.65
3	1993	34	0.9412	1.091	6	17.65
4	1990	34	0.9412	1.132	5	14.71
5	1985	34	0.9412	1.087	6	17.65
6	1980	34	0.9412	1.1136	5	14.71
7	1975	34	0.9118	1.0666	5	14.71

*Tabla 5. Medias, desviación estándar de los grados de producción de primer orden, número y porcentaje de sectores a más de una desviación estándar.*

	Periodo	Sectores totales	Medianas	Sectores Q4	%sectores Q4
1	2010	71	0.4318	18	0.0845
2	1995	34	0.4368	9	0.2647
3	1993	34	0.439	9	0.2647
4	1990	34	0.479	9	0.2647
5	1985	34	0.4112	9	0.2647
6	1980	34	0.4514	9	0.2647
7	1975	34	0.4624	9	0.2647

*Tabla 6. Medianas, Sectores que se encuentran en el Cuartil 4 (Q4), y porcentaje de los sectores que se encuentran en el Cuartil 4 con respecto al total de sectores.*

A más de una desviación estándar la cantidad de datos para cada periodo no supera las 6 observaciones, para el año 2010 sólo son 3 datos que representan menos del 5% del total de los sectores económicos. A pesar de que se va a usar la regresión lineal simple con la corrección de 0.5 en el rango (Gabaix & Ibragimov, 2007), debido a la cantidad de datos esto no necesariamente nos garantiza que los estimadores están realmente ajustados o que el error estándar no sea alto.

Analizando los resultados de la tabla 6, se puede observar que para el año 2010, los sectores que se encuentran en el cuarto cuartil son 18, que representa 8.45% del total de datos, que sigue siendo una cantidad pequeña de datos. Para el resto de los periodos analizados, el porcentaje de datos aumenta a un 26.47%, pero la cantidad de sectores no deja de ser muy pequeña (9 sectores).

Entonces se decide hacer dos pruebas para la estimación del parámetro de la distribución de cola pesada, la primera usando todos los sectores con grado de producción mayor que cero, y la segunda con el 50% de los datos.

Empezamos entonces analizando los resultados de  $\hat{\beta}$  cuando se toman todos los sectores con grado de producción mayor que cero y se obtiene lo siguiente:

	Periodo	$\hat{\beta}$	EE $\hat{\beta}$	Sectores usados	$R^2$	valor-p
1	2010	0.5333	0.0895	71	0.7062	0
2	1995	0.72	0.1746	34	0.773	0
3	1993	0.7185	0.1743	34	0.7729	0
4	1990	0.7724	0.1873	34	0.8294	0
5	1985	0.6464	0.1568	34	0.7206	0
6	1980	0.749	0.1817	34	0.8022	0
7	1975	0.5527	0.134	34	0.6309	0

Tabla 7.  $\hat{\beta}$  para cada uno de los años de estudio, con sus respectivos errores estándar (EE), el número de sectores usados para el cálculo y valor-p, tomando todos los sectores con grados de producción mayores a cero.

En la tabla 7, podemos apreciar que los errores estándares se encuentran muy cercanos a los errores estándares obtenidos en el estudio norteamericano (Acemoglu et al., 2012), pero se obtienen  $\hat{\beta} < 1$ , lo cual no concuerda con lo planteado dentro de las definiciones del marco teórico, y no nos ayudan a definir la existencia de colas pesadas en ninguno de los periodos estudiados, por otro lado el valor-p obtenido para cada periodo es menor que 0.1 por lo que se rechaza la hipótesis nula de que sigan una ley de potencia.

Ahora tomando el 50% de los datos se obtienen los siguientes resultados:

	Periodo	$\hat{\beta}$	EE $\hat{\beta}$	Sectores usados	$R^2$	valor-p
1	2010	1.2764	0.3009	36	0.9599	0
2	1995	1.2972	0.4449	17	0.8826	0.017
3	1993	1.2967	0.4448	17	0.8829	0.013
4	1990	1.2721	0.4363	17	0.9075	0.183
5	1985	1.2483	0.4282	17	0.846	0.008
6	1980	1.4069	0.4826	17	0.9089	0.049
7	1975	1.3931	0.4778	17	0.8821	0.007

*Tabla 8.  $\hat{\beta}$  para cada uno de los años de estudio, con sus respectivos errores estándar (EE), valor-p y el número de sectores usados para el cálculo, tomando en cuenta el 50% de los sectores con mayor grado de producción.*

Estas nuevas estimaciones de  $\hat{\beta}$ , ya se encuentran entre 1 y 2, pero se puede apreciar que los errores estándares han aumentado significativamente, a pesar que el  $R^2$  es aceptable, los errores estándares indican que la cantidad de sectores es pequeña. Se puede apreciar adicionalmente que al calcular el valor-p, sólo para el año 1990 no se rechaza la hipótesis nula tomando el 50% de los datos, pero el error estándar es igual de alto que en otros periodos.

A continuación se puede apreciar la Función de Distribución Contra Acumulada (FDCA) empírica para los grados de producción de primer orden, tomando como datos todos los sectores que tienen grado de producción mayor a cero, para tener una idea gráfica de la presencia de colas pesadas en los grados de producción de primer orden:

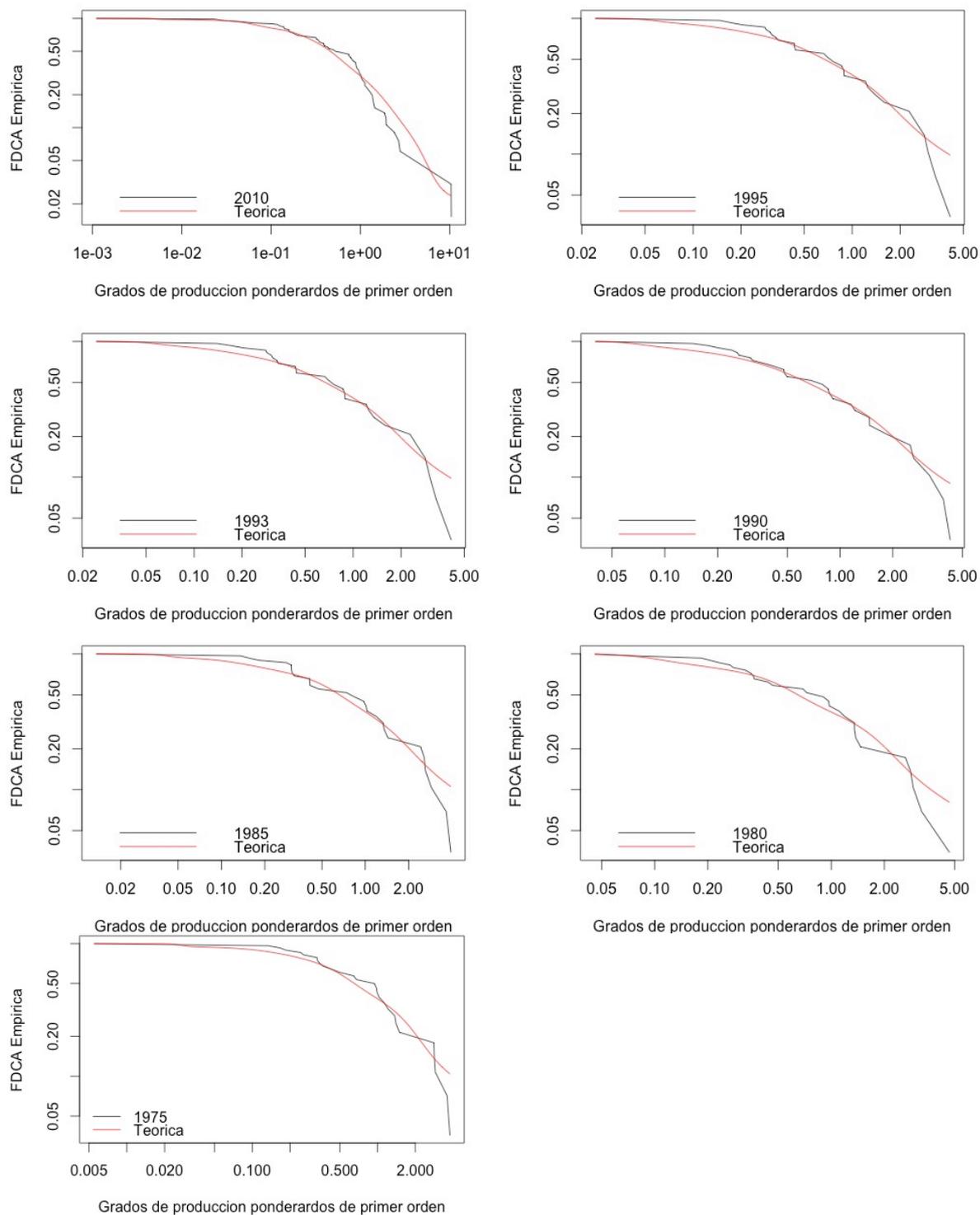


Figura 9: Función de distribución contra acumulada empírica de los grados de producción ponderado de primer orden para cada uno de los años de estudio, comparado con la función de distribución empírica teórica.

En la figura 9 se puede apreciar que la cantidad de datos no nos ayuda a confirmar la presencia de una cola pesada; a pesar que lo presentado en las figuras 6 y 7 nos sugiere su existencia.

Para tener otro estimador del parámetro de la ley de potencia que se plantea, se hace un cálculo del parámetro  $\hat{\alpha}_1$  (ver ecuación 10) usando Estimadores de Máxima Verosimilitud (EMV), basado en el código desarrollado por Clauset et al., (2009). Los resultados obtenidos para los periodos estudiados son:

	Periodo	$x_{min}$	sectores $> x_{min}$	$\hat{\alpha}_1$	valor-p	EE $\hat{\alpha}_1$
1	2010	0.8912	24	2.5934	0.964	0.0664
2	1995	0.6621	15	2.243	0.102	0.0829
3	1993	0.6622	15	2.2436	0.118	0.0829
4	1990	0.6805	14	2.2132	0.241	0.0867
5	1985	0.7421	14	2.2874	0.046	0.092
6	1980	0.6914	15	2.2865	0.076	0.0858
7	1975	0.1664	25	1.6385	0	0.0255

Tabla 9.  $\hat{\alpha}_1$  parámetro de cola pesada calculado a través de EMV, con sus respectivos errores estándar (EE), valor mínimo para poder calcular los parámetros, el número de sectores usados mayores que el valor mínimo, y valor-p.

Estas estimaciones de  $\hat{\alpha}_1$  (parámetro de la cola pesada), se encuentran entre 2 y 3, excepto para el año 1975 que se encuentra entre 1 y 2<sup>8</sup>.

Los resultados para el año 1975, indican que a diferencia de otros años, se usa gran cantidad de los datos (25 de los 34 sectores totales), lo cual presenta el error estándar más bajo entre los periodos analizados, pero el valor-p obtenido indica que los grados de 1975 no siguen una ley de potencia. Para el resto de periodos, se puede observar que se ha utilizado menos del 50% de los datos de cada periodo, para poder hacer las estimaciones de los parámetros.

<sup>8</sup> Para el año 1980, se utiliza el parámetro nosmall=TRUE, en la función plfit, que busca que el error estándar del parámetro  $\sigma = \frac{\hat{\alpha}-1}{\sqrt{n}} + O\left(\frac{1}{n}\right)$  no sea mayor a 0.1 (Clauset et al., 2009), debido a que de lo contrario el valor de  $x_{min}$  es muy alto, y el error estándar aumenta de manera significativa.

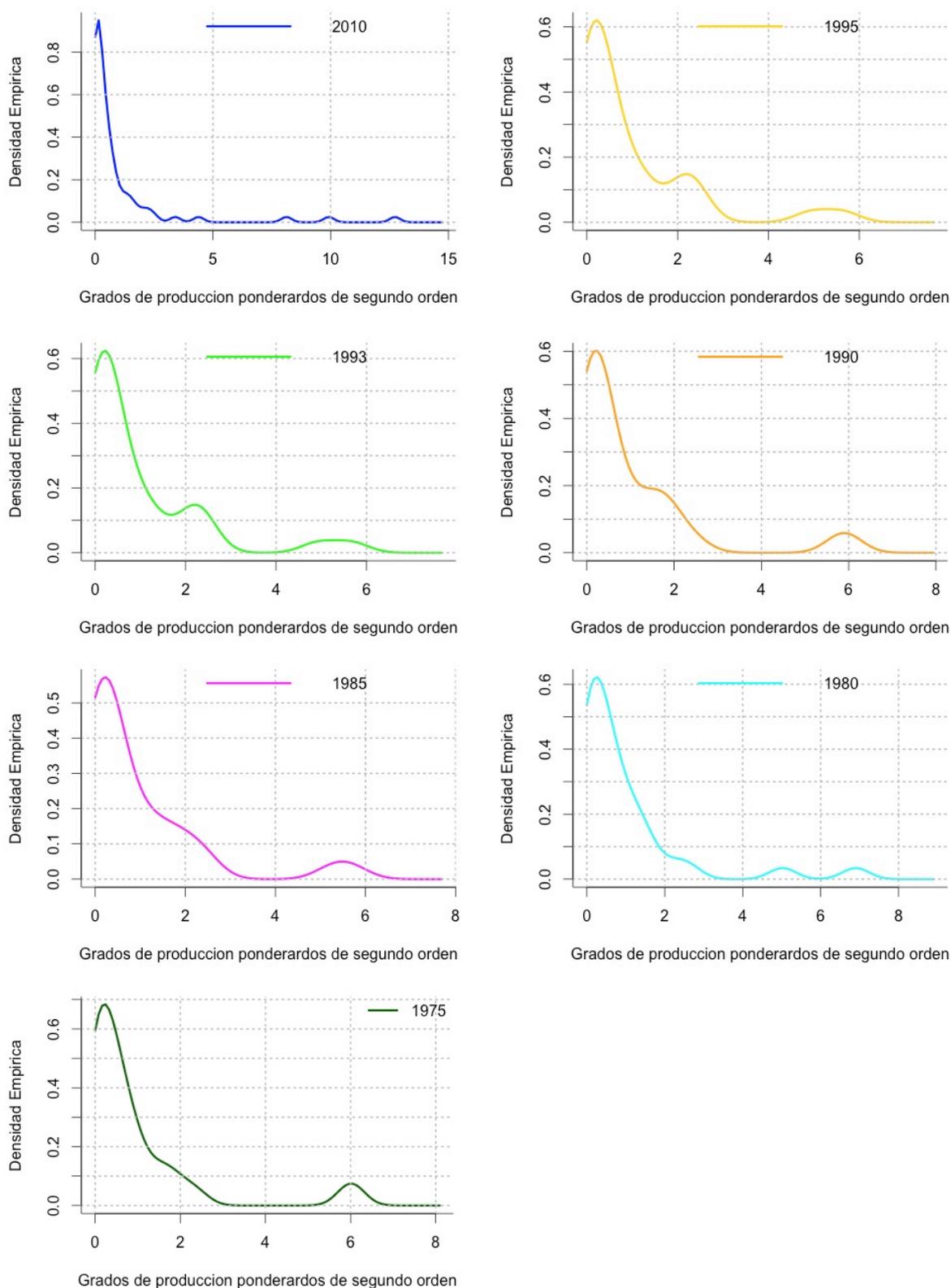
El cálculo del valor-p nos permite ver que todos los periodos, excepto 1985, 1980 y 1975 siguen una ley de potencia, tomando en cuenta la definición hecha por Clauset et. al, (2009). Debido a la cantidad de datos, al utilizar el algoritmo desarrollado por Clauset et. al, (2009), en cada periodo calculado se presentó la advertencia de la existencia de un posible sesgo.

Para los años 1993 y 1995 el valor-p nos sugiere que los datos siguen una ley de potencia, y puede explicarse porque a inicios de la década de los 90, Ecuador pasó la crisis de la caída del petróleo a inicio de la década de los 80, así como algunas reformas hechas en el gobierno de León Febres-Cordero que afectaron la productividad, y se empieza a ver los resultados de un incremento del precio del petróleo, control de tipo de cambio, estabilidad inflacionaria y eso explica porque se empieza a ver un incremento de sectores con mayor protagonismo en la oferta de insumos a otros sectores.

Queda como incógnita la afectación de la guerra con Perú en 1995 en la relación entre sectores económicos, y llama la atención la alta concentración de los grados de producción en el año 2010, que puede ser consecuencia de la crisis de 1999 y el subsecuente modelo económico de dolarización, así como eventos de inestabilidad política que afectaron a toda la economía.

Si embargo la concentración de grados de producción en el 2010, presentado a través de los análisis realizados, y la confirmación de que la economía en ese periodo sigue una ley de potencia, debe poner sobre alerta a las autoridades, en cuanto a las estrategias y los planes de contingencia en caso de crisis microeconómicas en los sectores que concentran la producción.

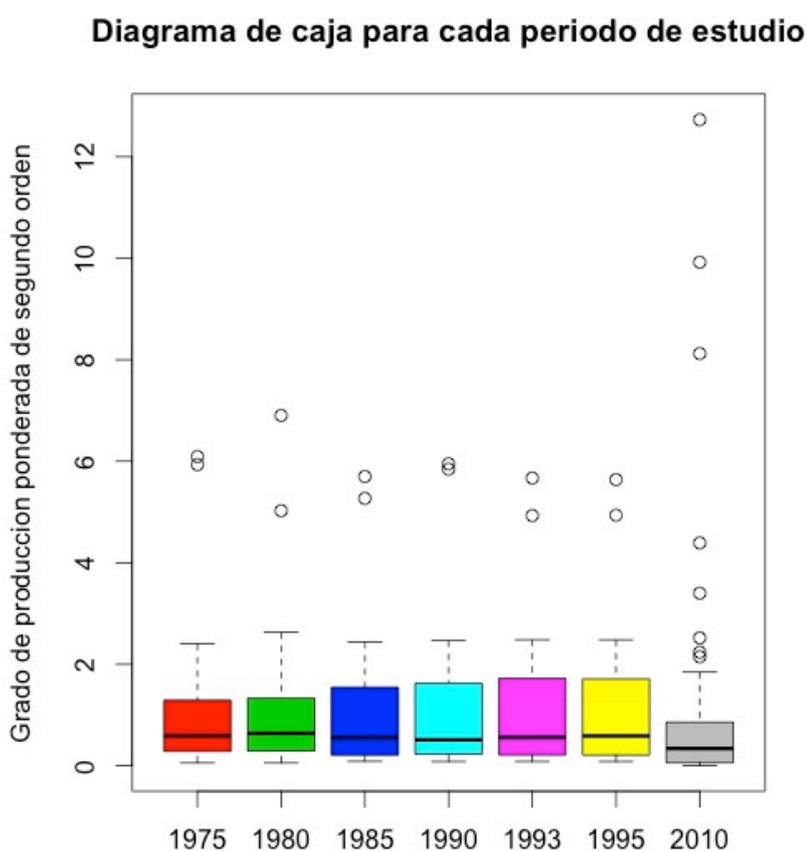
**3.2.3. Grado de producción de segundo orden:** Ahora para conocer cual sería el efecto de cascada, de un shock en un sector económico, se presenta las estimaciones no paramétricas de las densidades empíricas de segundo orden, calculando los grados de producción de segundo orden con la ecuación 12, y con la ecuación 7 se obtiene la densidad empírica no paramétrica así:



*Figura 10: Densidad empírica de los grados de producción ponderado de segundo orden para todos los años de estudio.*

En la figura 10 se puede apreciar que existe una concentración de los grados de producción ponderados de segundo orden en pocos sectores económicos, por el sesgo muy pronunciado a la derecha que presentan, en especial para el año 2010.

Para tener una mejor idea de lo que se planeta en la figura 10, a continuación se presenta un diagrama de caja, para cada periodo de estudio, con el que se busca ver la dispersión alrededor de la mediana:



*Figura 11: Diagrama de caja de los grados de producción ponderado de segundo orden para todos los años de estudio.*

Los diagramas de caja presentados en la figura 11, muestran que existen datos atípicos, y aparentemente están más dispersos que los grados de producción de primer orden.

	Periodo	$\mu$ 2do_orden	Mediana 2do_orden
1	2010	0.9859	0.2455
2	1995	0.9412	0.3385
3	1993	0.9412	0.3396
4	1990	0.9412	0.3042
5	1985	0.9412	0.4265
6	1980	0.9412	0.4901
7	1975	0.9118	0.4889

*Tabla 10: Media y mediana de los grados de producción de segundo orden.*

En la tabla 10, se puede observar que la diferencia entre la media y la mediana es mayor que la que se presentó en los grados de producción de primer orden (ver tabla 4), lo que indica que la dispersión de los datos es más alta.

Teniendo esta información inicial sobre la media y la mediana de los grados de producción de segundo orden, se realiza el análisis de las colas pesadas de estos.

**3.2.4. Análisis de colas pesadas, de los grados de oferta de segundo orden:** Al igual que en los grados de producción de primer orden, se corre una regresión lineal simple, tomando la corrección hecha por Gabaix e Ibragimov, para obtener el coeficiente de las colas, este coeficiente lo definimos como  $\hat{\zeta}$  (se aplica a la ecuación 9).

Para este caso también nos encontramos con la dificultad para definir el valor de  $x_{min}$  para la estimación de colas pesadas, por lo que se empieza analizando

la cantidad de sectores a más de una desviación estándar y luego la cantidad de sectores que se encuentren en el cuarto cuartil, así:

	Periodo	Sectores totales	$\mu$ 2do_orden	$\sigma$ 2do_orden	Sectores >1 $\sigma$	%sectores >1 $\sigma$
1	2010	71	0.9859	2.1631	5	7.0423
2	1995	34	0.9412	1.3434	4	11.7647
3	1993	34	0.9412	1.3477	4	11.7647
4	1990	34	0.9412	1.4364	3	8.8235
5	1985	34	0.9412	1.3617	4	11.7647
6	1980	34	0.9412	1.4518	3	8.8235
7	1975	34	0.9118	1.4401	3	8.8235

*Tabla 11. Cantidad de sectores con grado de producción de segundo orden mayores a una desviación estándar.*

En la tabla 11 se evidencia que son pocos los datos mayores a una desviación estándar (menor a 6 sectores), que representan menos del 12% del total de datos, que no ayuda a definir la cantidad de datos para el análisis de colas pesadas, entonces en seguida se presenta el dato mínimo, máximo, la mediana, el primer y tercer cuartil, así como también la cantidad de datos en el cuarto cuartil:

	Periodo	Dato mínimo	Q1 25%	Q2 mediana	Q3 75%	Dato máximo
1	2010	0	0.0452	0.2455	0.8221	12.7301
2	1995	0	0.122	0.3385	1.2537	5.6381
3	1993	0	0.1223	0.3396	1.2507	5.6685
4	1990	0	0.1169	0.3042	1.3112	5.9492
5	1985	0	0.0993	0.4265	1.3348	5.6992
6	1980	0	0.0925	0.4901	1.1313	6.902
7	1975	0	0.0695	0.4889	0.9847	6.0919

*Tabla 12. Información sobre datos alrededor de la mediana, incluido cuartil 1 (Q1), cuartil 3 (Q3), dato mínimo y dato máximo, grados de producción de segundo orden.*

	Periodo	Sectores totales	Mediana 2 <sup>do</sup> _orden	Sectores Q4_2 <sup>do</sup> _ord	%sectores Q4_2 <sup>do</sup> _ord
1	2010	71	0.2455	18	0.2535
2	1995	34	0.3385	9	0.2647
3	1993	34	0.3396	9	0.2647
4	1990	34	0.3042	9	0.2647
5	1985	34	0.4265	9	0.2647
6	1980	34	0.4901	9	0.2647
7	1975	34	0.4889	9	0.2647

Tabla 13. Medianas, Sectores que se encuentran en el Cuartil 4 (Q4), y porcentaje de los sectores que se encuentran en el Cuartil 4 con respecto al total de sectores, de los grados de producción de segundo orden.

Los resultados de la tabla 12 muestran que la dispersión de los datos en el cuarto cuartil es alta, y la tabla 13 por otro lado nos indica que la cantidad de sectores que se encuentran en el cuarto cuartil no llegan al 28% del total de datos (18 datos para el 2010 y 9 datos para el resto de periodos analizados.)

Con los resultados presentados en la tabla 11 y tabla 13, se decide utilizar las mismas consideraciones que en el caso de las grados de producción de primer orden, primero analizar todos los sectores con grado de producción ponderado de segundo orden mayores a cero, y luego con el 50% de los sectores con mayor grado de producción de segundo orden, para ver el efecto en los estimadores de cada año.

Tomando todos los sectores se obtienen los siguientes valores de  $\hat{\zeta}$ :

	Periodo	$\hat{\zeta}$	$\hat{\zeta}_{EE}$	Sectores_usados	valor-p
1	2010	0.4743	0.0832	65	0
2	1995	0.7176	0.1918	28	0
3	1993	0.7175	0.1918	28	0.001
4	1990	0.7308	0.1953	28	0
5	1985	0.7058	0.1886	28	0
6	1980	0.7178	0.1918	28	0
7	1975	0.7217	0.1964	27	0

Tabla 14. Valores de  $\hat{\zeta}$  para cada periodo, con sus respectivos errores estándar (EE), valor-p y la cantidad de datos que tienen un grado de producción de segundo orden mayor a cero.

La tabla 14, muestra que nuevamente que  $\hat{\zeta}$  es menor a 1, lo cual no nos ayuda a definir una cola pesada en nuestras distribuciones de segundo orden, que es ratificado por el valor-p de cada periodo que es menor a 0.1, y aunque los errores estándares son razonables se rechaza la hipótesis nula de que el 100% de los grados de producción de segundo orden siguen una ley de potencia.

Si hacemos el mismo análisis con el 50% de los datos con mayor grado de producción de segundo orden obtenemos los siguientes resultados:

	Periodo	$\hat{\zeta}$	$\hat{\zeta}_{EE}$	Sectores_usados	valor-p
1	2010	0.9512	0.2242	36	0
2	1995	1.0843	0.3719	17	0.023
3	1993	1.0763	0.3692	17	0.018
4	1990	1.0386	0.3562	17	0.177
5	1985	1.1534	0.3956	17	0.01
6	1980	1.2518	0.4294	17	0.044
7	1975	1.1857	0.4067	17	0.005

*Tabla 15. Valores de  $\hat{\zeta}$  para cada periodo, con sus respectivos errores estándar y la cantidad de datos con un corte del 50%.*

En la tabla 15, se puede ver que  $\hat{\zeta}$  ya se encuentre entre 1 y 2 para todos los periodos, excepto 2010, donde se encuentra muy cercano a 1. Es importante mencionar que al igual que en el caso de los grados de producción de primer orden, la reducción de datos para la estimación del parámetro si aumentó el error estándar. Por otro lado sólo para 1990 el valor-p es mayor a 0.1, para el resto de periodos se rechaza la hipótesis de que sigan una ley de potencia.

En el análisis empírico de los grados de producción de segundo grado, la cantidad de datos que siguen una ley de potencia no es clara. A continuación se presenta los gráficos de la Función de Distribución Contra Acumulada (FDCA)

empírica y los sectores con grados de producción ponderados de segundo orden mayores a cero:

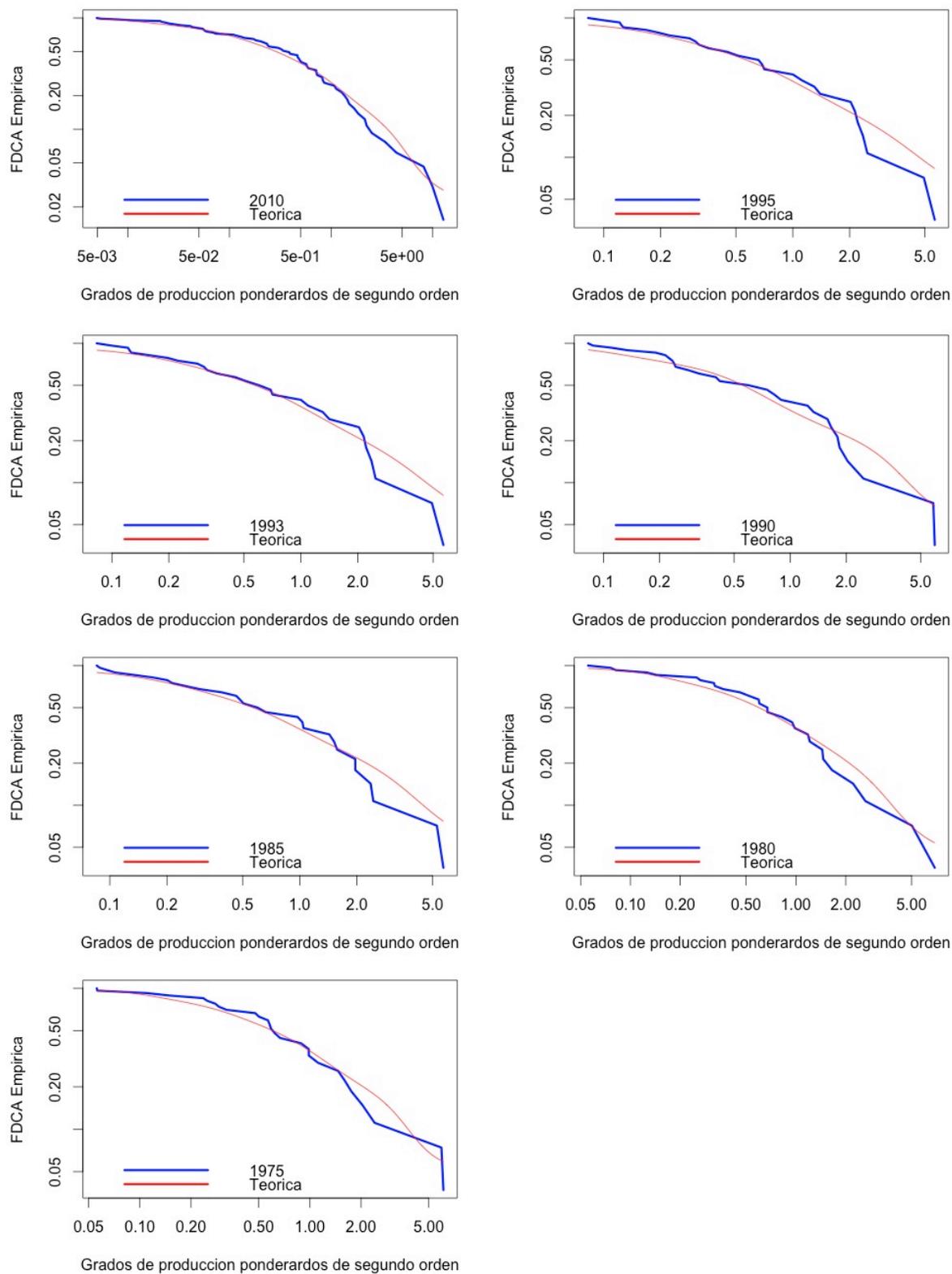


Figura 12: Función de distribución contra acumulada empirica de los grados de producción ponderado de segundo orden.

En la Figura 12 parece que se ajustan mejor los grados de producción de segundo orden a una ley de potencia, en especial para el año 2010, pero para poder verificar a continuación se presenta los cálculos de los parámetros usando EMV, así como el cálculo del  $x_{min}$  y valor-p para identificar si los datos siguen o no una distribución con ley de potencia:

	Periodo	$x_{min}$	sectores $> x_{min}$	$\hat{\alpha}_2$	valor-p	EE $_{\hat{\alpha}_2}$
1	2010	0.4668	29	1.9732	0.543	0.0336
2	1995	0.1215	25	1.5851	0.008	0.0234
3	1993	0.1971	21	1.6593	0.023	0.0314
4	1990	0.1338	24	1.5975	0.007	0.0249
5	1985	0.0854	27	1.5221	0	0.0193
6	1980	0.5958	15	2.22	0.357	0.0813
7	1975	0.4766	17	2.13	0.5	0.0665

Tabla 16.  $\hat{\alpha}_2$  parámetro de cola pesada calculado a través de EMV, con sus respectivos errores estándar (EE), valor mínimo para poder calcular los parámetros, el número de sectores usados mayores que el valor mínimo, y valor-p.

En la tabla 16, se puede ver que para los periodos de 1995, 1993, 1990 y 1985, el valor-p sugiere rechazar la hipótesis de que estos periodos sigan una ley de potencia<sup>9</sup>, mientras que para los datos del 2010, 1980 y 1975 el efecto de cascada sigue una ley que indica que la volatilidad agregada en estos periodos tiene un impacto más prolongado y profundo.

Los resultados de la tabla 16 para los años 1995, 1993, 1990 y 1985 indica adicionalmente, que a pesar de que existen sectores con grados de producción de segundo orden altos, estos son un portafolio más uniforme y por eso no presenta una cola pesada, tomando como referencia los acontecimientos históricos, en la década de los 80 y principios de los 90, el país pasó la recesión de la caída del precio, moratoria de deuda, déficit de la reserva monetaria internacional, que fue

<sup>9</sup> Para los años de 1990, 1985 y 1980, se utiliza el parámetro nosmall=TRUE, en la función plfit, que busca que el error estándar del parámetro  $\sigma = \frac{\hat{\alpha}-1}{\sqrt{n}} + O\left(\frac{1}{n}\right)$  no sea mayor a 0.1 (Clauset et al., 2009), debido a que de lo contrario el valor de  $x_{min}$  es muy alto, y el error estándar aumenta de manera significativa.

mejorando a partir de 1987 con el aumento del precio del petróleo y la dinamización de las exportaciones bananeras.

A diferencia de los grados de producción de primer orden, para los años 1995, 1993 y 1990 el efecto de cascada por un shock microeconómico no hubiera tenido un efecto tan significativo en la volatilidad agregada como en los años 2010, 1980 y 1975. Sería interesante el poder conocer qué efecto tenía la economía en 1999 al momento de la crisis, y viendo la concentración de los grados de producción de segundo orden, poder tomar como referente para alertas tempranas en periodos posteriores.

### 3.3. Análisis de volatilidad agregada:

Como se mencionó en un inicio, la volatilidad agregada generada por un shock en un sector económico, en la literatura clásica macroeconómica se define por  $1/\sqrt{n}$ , que es un cálculo que mostramos a continuación para cada uno de los periodos analizados:

	Periodo	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$\ v_1\ _2 (\alpha = 0.3333)$	$\frac{\ v_1\ _2}{\sqrt{n}}$	$\ v_2\ _2 (\alpha = 0.50186)$	$\frac{\ v_2\ _2}{\sqrt{n}}$
1	2010	0.1187	0.2008	1.6916	0.1653	1.3928
2	1995	0.1715	0.2201	1.2833	0.1954	1.1394
3	1993	0.1715	0.2204	1.2852	0.1956	1.1402
4	1990	0.1715	0.2256	1.3153	0.1984	1.1569
5	1985	0.1715	0.2196	1.2804	0.1954	1.1392
6	1980	0.1715	0.2292	1.3364	0.1992	1.1616
7	1975	0.1715	0.223	1.3004	0.195	1.137

Tabla 17. Valores de  $1/\sqrt{n}$ , las normas del vector de influencia, y la relación para cada periodo de estudio.

Al analizar la tabla 17, podemos ver que la norma del vector de influencia, que representa las interconexiones en un modelo de red de relaciones no simétricas, como es el caso ecuatoriano, es mayor que cuando se calcula la estimación clásica

de  $1/\sqrt{n}$ , tanto para  $\alpha = 0.3333$  y para  $\alpha = 0.50186$ . Cuando  $\alpha = 0.3333$ , el impacto de un shock puede estar entre un 28% y 70% mayor, que lo que plantea la teoría macroeconómica clásica; mientras que cuando  $\alpha = 0.50186$ , el impacto de un shock sectorial puede ser entre un 13% hasta un casi un 40% mayor.

Los resultados obtenidos en la comparación realizada en la tabla 17 apoyan la hipótesis de este estudio, sobre las implicaciones de las relaciones no simétricas entre los distintos sectores económicos y su aporte a la volatilidad agregada, al ser Ecuador una economía con pocos sectores económicos es más volátil que economías con mayor diversidad de sectores, y mientras más asimétrica sea la interrelación entre sus sectores su volatilidad será mayor aún ante la presencia de shocks.

### 3.4. Escenarios:

Adicional a los análisis realizados, se realiza un escenario en el cual los productos de mayor grado de producción de primer orden, dejan de vender y demandar bienes de otros sectores, generando un escenario de estrés, usando una nueva matriz Insumo-Producto, en la que los sectores con mayor grado de producción de primer orden presentan cero demanda y oferta de productos. Este análisis se lo realiza para el periodo 2010 y 1995. Para escoger los sectores que van a tener aporte cero tanto en demanda como en producción, se realizan dos análisis, en el primero se quitan los sectores mayores a una desviación estándar de la media, en el cual se obtienen los siguientes resultados:

Periodos	Sectores > $1\sigma$	$\ v_1\ _2$ ( $\alpha = 0.3333$ )	$\ v_2\ _2$ ( $\alpha = 0.50186$ )	valor-p
2010	3	0.15	0.13	0.08
1995	6	0.19	0.17	0.22

*Tabla 18. Tabla de resultados luego que quitar los sectores mayores a una desviación estándar.*

La tabla 18 nos muestra que los sectores con grados de producción de primer orden, mayores a una desviación estándar, para el año 2010 son 3, y que al hacer que su aporte sea cero tanto para demanda y oferta de productos, primero los datos ya no siguen una ley de potencia, según se ve en el valor-p que es menor que 0.1. Las normas  $\|v_1\|_2$  y  $\|v_2\|_2$ , se acercan al valor de  $1/\sqrt{n}$ , que se presenta en la tabla 17. Lo cual indica que la volatilidad agregada se acerca a la volatilidad teórica.

Para el año 1995 a pesar de que son 6 sectores los que se cambian con aporte cero, sigue presentado una ley de potencia según el valor-p, y la volatilidad presentada por las normas  $\|v_1\|_2$  y  $\|v_2\|_2$  siguen siendo más altas que  $1/\sqrt{n}$ .

Para el segundo análisis se retiran los sectores que se encuentran en el cuarto cuartil, y se obtienen los siguientes resultados:

Periodods	Sectores Q4	$\ v_1\ _2$ ( $\alpha = 0.3333$ )	$\ v_2\ _2$ ( $\alpha = 0.50186$ )	valor-p
2010	18	0.16	0.13	0.01
1995	9	0.17	0.16	0.29

*Tabla 19. Tabla de resultados luego que quitar los sectores que se encuentran en el cuarto cuartil.*

La tabla 19 nos muestra que los sectores con grados de producción de primer orden, que están en el cuarto cuartil, para el año 2010 son 18, y que al hacer que su aporte sea cero en la matriz Insumo-Producto, los datos también dejan de seguir una ley de potencia, y los valores de las normas se acercan mucho más al valor de volatilidad agregada teórica. Para el año 1995, son 9 los sectores que se encuentran en el cuarto cuartil, y haciendo que su aporte sea cero, los datos del año

1995 si mantienen una ley de potencia, pero sus normas se reducen prácticamente hasta encontrarse sobre el valor teórico de  $1/\sqrt{n}$ .

Los resultados obtenidos en los escenarios realizados, muestran que la economía en el año 2010 tiene concentración de grados de producción en muy pocos sectores, lo cual la hace más volátil que la economía en 1995, apoyando lo presentado en la figura 8, en la cual se puede apreciar que existen datos atípico en la economía en el año 2010. Es recomendable que las autoridades tomen medidas preventivas, que permitan de manera anticipada tomar correctivos para evitar que los shocks, que se puedan presentar en los sectores definidos en 2010 con alta concentración, no generen una volatilidad macroeconómica de alto costo social, productivo y económico.

### **3.5. Importancia del estudio:**

Este estudio puede ser el inicio de muchos análisis que pueden servir para definir políticas macroeconómicas para impulsar los sectores económicos, tener en cuenta los sectores con mayores concentraciones tanto en la parte de demanda de insumos, y en la oferta de los mismos.

Estas herramientas pueden promover el apoyo para que el Banco Central del Ecuador, pueda recopilar más información sobre las interconexiones económicas entre los distintos sectores, así como también el estudio de incentivos económicos adecuados, para que, de manera paulatina y organizada, disminuir la alta dependencia que tienen los distintos sectores de las importaciones.

La aplicación de modelos de redes, da al Gobierno guías para ayudar a desarrollar industrias que no tienen un mayor protagonismo en la estructura

económica actual, dotando de infraestructura, facilitando la capacitación del capital humano, apoyando convenios internacionales, entre otros.

Estas herramientas también sirven para que las autoridades puedan estructurar planes de contingencia, ya que conociendo aquellos sectores con grados de producción más altos, se definan políticas para mitigar las altas volatilidades que puedan ocasionar shocks microeconómicos.

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones:

A diferencia de lo encontrado en el estudio de modelos de redes aplicados a la economía norteamericana (Acemoglu et al., 2012), en el caso ecuatoriano, en la distribución de densidad empírica de los grados de demanda, se encontró un sesgo a la derecha de las matrices entre 1975 y 1995.

La media del grado de demanda de insumos, indica que en general los sectores económicos ecuatorianos se proveen de insumos importados (aproximadamente en promedio un 62%), lo cual es un indicador de presión sobre la balanza comercial, que puede ser preocupante para una economía dolarizada; este termómetro puede ser herramienta útil para promover a la empresa privada, y generar insumos localmente, de manera estructurada y planificada, para que no existan cambios radicales que perjudiquen a la economía, si no que exista una transición, en base a implementación de tecnología, capacitación y mejores oportunidades.

La densidad empírica de los grados de producción, muestra que un sesgo pronunciado a la derecha para todos los años de estudio, en especial para el año 2010, donde la cola de la distribución es más larga que en cualquier otro periodo (ver figura 5), lo que da la idea de que son distribuciones con colas pesadas.

Al hacer los grafos en Gephi, se puede ver que para el año 2010 existe concentración en 4 sectores de la economía (ver figura 6), mientras que el grafo hecho para el año 1995 (ver figura 7) muestra un portafolio más amplio de sectores

económicos con grados de producción altos, lo cual no deja clara la presencia en colas pesadas, apreciación que se ratifica con el diagrama de caja realizado para los grados de producción de primer orden (ver figura 8).

Al momento de analizar la existencia de colas pesadas, la información obtenida a través de estadística descriptiva no ayuda a obtener una cantidad significativa de datos, para usar la metodología de Gabaix e Ibragimov, a pesar de que los diagramas de caja muestran la presencia de datos atípicos en especial para el año 2010.

El uso del 100% y el 50% de los datos dejaron mayor cantidad de datos para trabajar, y a pesar de que se puede obtener parámetros  $\hat{\beta}$  y  $\hat{\zeta}$  dentro del intervalo entre 1 y 2 cuando se toma el 50% de los datos, los errores estándares se incrementan de manera importante.

El cálculo de parámetro de colas pesadas a través de Estimadores de Máxima Verosimilitud, basado en el análisis realizado por Clauset et al., (2009), permite obtener un valor de corte para definir el conjunto de datos que siguen una ley de potencia, a pesar de que sigue latente la advertencia de un posible sesgo debido a que la cantidad de datos es menor a 100, pero el error estándar de los parámetros no es alto y la cantidad de datos permite hacer mejores estimaciones.

Los resultados de la tabla 9, muestran que los años 1990, 1993 y 1995, siguen una ley de potencia, a pesar de que cada matriz Insumo-Producto representa un corte transversal de información, su estructura se puede explicar como el resultado de circunstancias económicas de periodos previos. En estos años parte del incremento de los grados de producción de primer orden puede ser consecuencia de

incrementos en el precio del petróleo a fines de la década de los ochenta, así como el impulso en sectores como el bananero.

A finales de la década de los 80 y principios de la década de los 90, el manejo de las bandas cambiarias, ayudó a regular la inflación y le ayudó al país a tener competitividad internacional, luego de que la crisis por el fin del boom petrolero, el exceso de deudas y la estructuración de un estado paternalista no alentó al desarrollo de la industria privada. Esta presencia de series que siguen una ley de potencia por otro lado indica, que no todos los sectores tuvieron el mismo desarrollo, y su impacto en la volatidad agregada se iba incrementando.

Para los años 2010, 1995, 1993 y 1990 la presencia de distribuciones que siguen una ley de potencia, nos indica la alta concentración de grados de producción de primer orden que existió en pocos sectores, lo cual genera un riesgo macroeconómico al momento que se presenta una crisis microeconómica, en los sectores que concentran la producción. Si el patrón de comportamiento del año 1995 se mantuvo hasta 1999, podría también explicarse la volatidad y el tiempo que le tomó a Ecuador recuperarse de la crisis de 1999.

Para el 2010, se evidencia mayor concentración en menos sectores, lo cual deja a la economía ecuatoriana más vulnerable de lo que era en la década de los 90, y presenta una alerta que debe ser mitigada oportunamente, con mayor diligencia dado que Ecuador tiene una economía dolarizada.

Para los años de 1985, 1980 y 1975, a pesar del sesgo que presentaron las densidades empíricas, el valor-p indica que no siguen una ley de potencia para los grados de producción de primer orden, según lo presentado en los diagramas de caja se puede concluir que son años en los cuales si existieron sectores que

concentraron producción de insumos, pero los grados de producción pudieron estar mejor distribuidos que en los otros periodos estudiados, ya que se vio influenciado por el boom petrolero de la década de los 70, y luego la crisis que enfrentó el país con la caída del precio del petróleo y el sobre endeudamiento, estos últimos eventos sorprendieron al sector de producción no-petrolera ya que no desarrolló oportunamente su productividad.

Las densidades empíricas de los grados de producción de segundo orden son mucho más sesgadas a la derecha que las de primer orden, sugiriendo un análisis de la presencia de ley de potencia en cada periodo.

Los resultados obtenidos a través de EMV de los grados de producción de segundo orden, indican que a pesar de que la economía puede seguir una ley de potencia para los grados de producción de primer orden, esto no implica que los grados de producción de segundo orden también lo hagan, como se observa en la tabla 16. Estos resultados expresan que un shock microeconómico en un sector con grados de producción de primer orden alto, iba a influir de manera importante en los sectores con los cuales tenían una relación comercial directa, pero estos últimos no eran proveedores de una cantidad importante de otros sectores, lo cual implicaba que el efecto de cascada de la volatilidad no tendría un impacto tan alto, como si los grados de producción de segundo orden también sigan una ley de potencia.

El año 2010 sigue llamando la atención, al ser el dato más actualizado obtenido, se puede ver que la volatilidad agregada tendría una propagación que podría durar mucho tiempo, parecería que luego de la dolarización, pocos sectores se convirtieron en ejes importantes para muchos sectores de la economía, y estos a su

vez también proveen a un número importante de sectores, lo cual indica que la economía es muy sensible a un shock.

El vector de influencia construido para el presente estudio se basa en el desarrollado por Acemoglu et al., (2012), y nos ha servido para determinar que el impacto de un shock, dada la desagregación económica ecuatoriana, y la estructura no simétrica presentada en los grafos, puede ser mucho mayor que el que establece la teoría macroeconómica tradicional. La volatilidad presentada usando un  $\alpha = 0.3333$ , casi duplica al nivel de volatilidad de  $1/\sqrt{n}$ , para el año 2010, y para el resto de periodos es casi un 30% mayor. Al usar un  $\alpha = 0.50186$ , la volatilidad agregada sigue siendo mayor que  $1/\sqrt{n}$ , aproximadamente un 40% en el 2010 y un 14% para el resto de periodos, ratificando que la teoría macroeconómica tradicional, al no tomar en cuenta las asimetrías de las interacciones económicas no puede establecer el efecto de la volatilidad agregada, y que para el caso ecuatoriano es mayor.

Adicionalmente el análisis de los escenarios realizados ratifica la característica de los datos del año 2010, en el que muy pocos sectores concentran la producción de insumos para muchos otros sectores de la economía, ya que al retirar los pocos sectores que se encuentran a más de una desviación estándar, o en el cuarto cuartil de la serie de datos, el valor-p nos indica que no sigue una ley de potencia, y la volatilidad agregada calculada a través del vector de influencia reduce su impacto, hasta llegar a niveles parecidos a la volatilidad agregada teórica.

#### **4.2. Limitaciones del estudio:**

Para el presente estudio se encontraron varias limitaciones, la primera es la cantidad de sectores de la economía ecuatoriana, que dificultó la obtención de parámetros para las colas pesadas.

Antes del 2010, se obtenía una sola matriz Insumo-Producto, para el 2010 ya se obtuvo la matriz Insumo-Producto: Tecnología por Producto, la matriz Insumo-Producto: Tecnología por Industria, las correspondientes matrices de coeficientes técnicos, matrices inversas y otra información que ayuda a enriquecer el análisis.

En las matrices anteriores al 2010, debido a la metodología de cálculo existen sectores que sumados por fila dan como resultado cero, mientras que sumados por columna da un resultado distinto de cero, lo cual complica el análisis e interpretación de los resultados.

Entre el año 1996 y 2009 no se cuenta con ningún tipo de información acerca de la matriz Insumo-Producto ecuatoriana, lo cual da una discontinuidad en cuanto a la evolución de los sectores económicos, en especial para entender lo sucedido luego de la guerra con Perú en 1995, la crisis de 1999 y la evolución económica desde el año 2000 hasta el 2009.

La matriz Insumo-Producto del 2010 se publicó entre mayo y junio del 2014, lo cual ayudó a tener un dato más actualizado, pero que afectó en el avance del análisis de la presente tesis.

Otro limitante fue que las matrices Insumo-Producto entre 1970 y 1995 no se encuentran en la página web del Banco Central, y no se mantienen registros

digitales. Luego de una reunión con personal del Banco Central se obtuvo archivos digitales de las matrices de 1995, 1994 y 1993; el resto de matrices se procedió a digitar tomando la información de los libros históricos de las Cuentas Nacionales, que se encuentran en la Biblioteca del Banco Central en Quito.

#### **4.3. Recomendaciones para futuros estudios:**

Se recomienda hacer un análisis de las posibles razones por las cuales se encontró una concentración de ciertos sectores, en cuanto a la demanda de insumo (grado de demanda de insumos) entre 1975 y 1995, y por qué ya no se presenta en la matriz del 2010.

Basado en este estudio se puede generar herramientas de monitoreo que permitan analizar la reacción de los sectores económicos, a los incentivos de las políticas económicas, que permitan fomentar crecimientos sustentados, que no pongan presión sobre la balanza comercial, y por ende al sistema de dolarización.

Se aconseja analizar los sucedido entre 1996 y 2009, con la estructura económica, ya que para el año 2010 la concentración de producción en pocos sectores es muy alta, la economía es más sensible que en los periodos anteriores a 1995. Con este análisis es importante definir si los nichos de mercado después de la crisis cambiaron al tomar relevancia sectores como el de construcción, comercio de vehículos, entre otros, ya que el ecuatoriano perdió confianza en la banca.

Los grados de demanda indican que la economía hasta el 2010 dependió menos de las importaciones, que décadas anteriores al año 2000, claramente justificado por la pérdida de capacidad adquisitiva por el cambio de moneda, pero la inyección de capital realizada desde el Gobierno de Rafael Correa, presenta una

nueva hipótesis con respecto a la adquisición de productos importados, e invita a entender qué tanto ha cambiado la estructura económica y actualmente cual sería el impacto de un shock en la volatilidad agregada.

Es importante evitar la discontinuidad de la información económica del país, ya que hace difícil la toma de decisiones, así como un oportuno análisis de la situación del país.

Este estudio sólo toma dos niveles de propagación de volatilidad agregada para tener una idea del impacto de un shock de los sectores que son importantes proveedores de muchos otros, pero se puede hacer un análisis más profundo para entender su impacto general.

## REFERENCIAS

- Acemoglu, D., Carvalho, V. M., Ozdaglar, A., & Tahbaz-Salehi, A. (2012). The Network Origins of Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 80(5), 1977–2016. <http://doi.org/10.3982/ECTA9623>
- Banco Central del Ecuador. (2011). *cuadernos de trabajo N 133*. Quito. Retrieved from <http://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Cuadernos/Cuad133.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (2014a). Cuentas Nacionales Anuales Base 2007. Retrieved August 6, 2014, from <http://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Anuales/Dolares/indicecn1.htm>
- Banco Central del Ecuador. (2014b). *Matrices De Insumo Producto : Simétrica e Inversa Mayo 2014 Contenido*. Quito. Retrieved from [http://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Anuales/Dolares/PR\\_MatrizInsumoProducto.pdf](http://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Anuales/Dolares/PR_MatrizInsumoProducto.pdf)
- Borja, A. (2014). *Universidad San Francisco de Quito*. Universidad San Francisco de Quito.
- Carvalho, V. (2008). *Aggregate Fluctuations And The Network Structure Of Intersectoral Trade*. The University of Chicago.
- Clauset, A., Shalizi, C. R., & Newman, M. E. J. (2009). Power-law distributions in empirical data, 43. *Data Analysis, Statistics and Probability; Disordered Systems and Neural Networks; Applications; Methodology*. <http://doi.org/10.1137/070710111>
- Gabaix, X., & Ibragimov, R. (2007). *Rank-1/2: A Simple Way To Improve The OLS Estimation Of Tail Exponents* (No. 342). *NBER Technical Working Paper Series*. Retrieved from <http://www.nber.org/papers/t0342.pdf>
- Izenman, A. J. (2008). *Modern Multivariate Statistical Techniques*. (G. Casella, S. Fienberg, & I. Olkin, Eds.). Philadelphia: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-0-387-78189-1>
- Mishkin, F. S. (2012). *Macroeconomics, Policy and Practice*. (S. Yagan & D. Battista, Eds.) (First). Boston: Pearson.
- Zucchini, W. (2003). Part 1 : Kernel Density Estimation, (October).

## ANEXO A: CÓDIGO DE PROGRAMACION

### A.1. Código de regresión suavizada por Kernel

```
#####
## Función ksr
## Kernel Smoothing Regression
#####

#Función

"ksr = function(x,y,h,N) {
  # Default parameters
  N = 100
  r.n = length(x)
  # Ancho de banda optimo (Bowman y Azzalini 1997)
  if (h == 0) {
    hx = median(abs(x-median(x)))/0.6745*(4/3/r.n)^0.2
    hy = median(abs(y-median(y)))/0.6745*(4/3/r.n)^0.2
    h = sqrt(hy*hx)

    #if (h<sqrt(2^(-52))*N){
    #  print("Not enogh variation, regression meaningless")
    #}
  }
  r.h = h

  # Función de Kernel Gaussiana
  # Ver Sampled Gaussian Kernel
  # Se asume una desvest
  kerf = function(z) {#kernel de suavizacion normal
    (exp((-z*z)/2))/sqrt(2*pi)
  }
  r.x = seq(min(x),max(x),length.out=100)
  r.f = seq(0,0,length.out=100)
  for (k in 1:100) {# se construye z con la distancia
    z = c(kerf((r.x[k]-x)/h)) # entre x y r.x
    r.f[k] = sum(z*y)/sum(z) #se ponderan los datos y se divide
para h
  }
  return(rbind(r.x,r.f))
}"

(Acemoglu et al., 2012)
```

## A.2 Código para cálculo de grados de demanda de insumos

```
#####
# Función w_ind
# Suaviza el grado de demanda con
## kernel gaussiano
# Regresión lineal simple de
## logaritmo de los sectores con grado
## diferente de cero en cuanto a demanda
#####

w_ind = function(X,pct_cut){
  ## Estadística básica
  # vector de resultados
  wi = apply((X),2,sum)
  # media de los totales por columna
  mean_share = mean(wi)
  # valor mayor entre total filas y columnas
  n_sectors = max(dim(X))

  ## Weighted indegrees, density

  # cambio de valores mayores a 1 por 0.9999
  wi[which(wi>1)]=0.9999

  ## Gaussian Kernel for Empirical Density;
  ## Bandwidth = 0.3

  # Final: No se encontro como ajustar
  # los resultados que obtiene en
  # MATLAB, se obtienen resultados
  # numericamente y graficamente
  # parecidos con un ancho de banda diferente a 0.3

  library(sm)
  d = density(wi,from = 0, to = 1,
              kernel = "gaussian", n = 100,
              #se puede usar hnorm para obtener el ancho optimo
              bw = hnorm(wi)
  )

  # Grados de demanda de insumos ponderados
  wi_sorted = sort(wi, decreasing = T)

  # Corte para regresion lineal simple

  wi_sorted = wi_sorted[which(wi_sorted>0)]
  cut = length(wi_sorted)
  #cut = round(pct_cut * n_sectors)
  Y = log(seq(from=1,to=cut,by=1))
  X1 = matrix(1,nrow = cut,ncol=1)
  X2 = log(wi_sorted[1:cut])
  X = cbind(X1,(X2))
  mult_lm = lm(Y~X)
  summary(mult_lm)$p.value
}
```

```

return(list(mean_share = mean_share
           ,n_sectors = n_sectors
           ,f_wi=d$y
           ,xi_wi=d$x
           ,wi_sorted = wi_sorted
           ,b_wi = mult_lm$coefficients
           ,r = mult_lm$residuals
           ,R2 = summary(mult_lm)$r.squared
           ,Fstat = summary(mult_lm)$fstatistic
        )
      )
}

```

(Acemoglu et al., 2012)

### A.3 Código para cálculo de grados de producción de insumos de primer orden

```

#####
## Funcion w_out
# depende de la funcion ksr
#####

w_out = function(CC,pct_cut) {
  wo = apply(t(CC),2,FUN = sum)
  n_sectors = max(dim(CC))
  mean_share = mean(wo)
  # Weighted outdegree density
  # Final: No se encontro como ajustar
  # los resultados que obtiene en
  # MATLAB, se obtienen resultados
  # numericamente y graficamente
  # parecidos con un ancho de banda diferente a 0.3

  library(sm)
  h = hnorm(wo) # ancho de banda optimo
  d = density(wo,from = 0, to = max(wo)+2,
              kernel = "gaussian", n = 100,
              #numero arbitrario para ajusta con paper
              #se puede usar hnorm para obtener el ancho optimo
              bw = h)

  f_wo = d$y
  xi_wo = d$x

  # Grado de producción ponderado
  wo_sorted = sort(wo, decreasing = T)

  # Corte para la regresión lineal

  #cut = round(pct_cut * n_sectors)
  # Se hizo un ajuste al cálculo del paper
  # Acemoglu et al. (2012) ya que la cantidad
  # de sectores economicos ecuatorianos es mucho
  # menor que los norteamericanos
  wo_sorted = wo_sorted[which(wo_sorted>0)]
  cut = length(wo_sorted)
}

```

```

Y = log(seq(from=1,to=cut,by=1))
X1 = matrix(1,nrow = cut,ncol=1)
X2 = log(wo_sorted[1:cut])
X = cbind(X1,X2)
wo_lm = lm(Y~X)
b_wo = wo_lm$coefficients

# Regresión con la corrección
# de Gabaix - Ibragimov

Y_gi = log(seq(from=1-0.5,to=cut-0.5,by=1))
X1_gi = matrix(1,nrow = cut,ncol=1)
X2_gi = log(wo_sorted[1:cut])
X_gi = cbind(X1_gi,(X2_gi))
wo_gi_lm = lm(Y_gi~X_gi)
b_wo_gi = wo_gi_lm$coefficients
se_b_wo_gi = (sqrt(2/cut))*b_wo_gi[3]

# Nadaraya-Watson non-parametric regression
# ajuste de longitud para caso ecuatoriano
z = wo_sorted[which(wo_sorted>0)]
a = log(z)
b = log(seq(from=1,to=length(z),by=1)/length(z))
r = ksr(a,b,0,0)

b_temp = log(wo_sorted[cut])
temp_index = which(r[1,]>=b_temp)
temp_index[1]
av_slope_nw_wo = (r[2,length(r[2,])]-
                  r[2,temp_index[1]])/
  (r[1,length(r[1,])]-
   r[1,temp_index[1]])
return(list(n_sectors = n_sectors
           ,f_wo = f_wo
           ,cut = cut
           ,xi_wo = xi_wo
           ,wo_sorted = wo_sorted
           ,b_wo = b_wo
           ,b_wo_gi = b_wo_gi
           ,se_b_wo_gi = se_b_wo_gi
           ,av_slope_nw_wo = av_slope_nw_wo
           ,resid = wo_lm$residuals
           ,R2 = summary(wo_lm)$r.squared
           ,Fstat = summary(wo_lm)$fstatistic
           ,r = r))
}

```

(Acemoglu et al., 2012)

#### A.4 Código para cálculo de grados de producción de insumos de segundo orden

```
#####
## Funcion w_out_2ord
# calcula el efecto de cascada
#####

w_out_2ord = function(CC,pct_cut) {
  wo = apply(t(CC),2,FUN = sum)
  wij = matrix(0,ncol=length(CC[1,]),
              nrow = length(CC[,1]))
  wo2 = matrix(0,nrow=1,ncol=length(CC[1,]))
  for(i in 1:length(wo)) {
    wij[i,] = CC[i,]
    wo2[,i] = (as.numeric(wij[i,])%%(wo))
  }

  n_sectors = max(dim(CC))

  # Weighted outdegree density
  #h = hnorm(wo2) # ancho de banda optimo
  d = density(wo2,from = 0, to = max(wo2)+2,
             kernel = "gaussian", n = 100)
  f_wo2 = d$y
  xi_wo2 = d$x

  # Grados de producción ponderados
  wo2_sorted = sort(wo2,decreasing = T)

  # Corte de datos para regresión
  #cut = round(pct_cut * n_sectors)
  wo2_sorted = wo2_sorted[which(wo2_sorted>0)]
  cut = length(wo2_sorted)
  Y = log(seq(from=1,to=cut,by=1))
  X1 = matrix(1,nrow = cut,ncol=1)
  X2 = log(wo2_sorted[1:cut])
  X = cbind(X1,X2)
  wo2_lm = lm(Y~X)
  b_wo2 = wo2_lm$coefficients

  # Regresión con la corrección
  # de Gabaix – Ibragimov

  Y_gi2 = log(seq(from=1-0.5,to=cut-0.5,by=1))
  X1_gi2 = matrix(1,nrow = cut,ncol=1)
  X2_gi2 = log(wo2_sorted[1:cut])
  X_gi2 = cbind(X1_gi2,(X2_gi2))
  wo2_gi_lm = lm(Y_gi2~X_gi2)
  b_wo_gi2 = wo2_gi_lm$coefficients
  se_b_wo_gi2 = (sqrt(2/cut))*b_wo_gi2[3]

  # Nadaraya-Watson non-parametric regression
  # ajuste a la realidad ecuatoriana
  a = log(wo2_sorted)
  b = log(seq(from=1,to=cut,by=1)/cut)
  r = ksr(a,b,0,0)
}
```

```

b_temp = log(wo2_sorted[cut])
temp_index = which(r[1,]>=b_temp)
temp_index[1]
av_slope_nw_wo2 = (r[2,length(r[2,])]-
                    r[2,temp_index[1]])/
                    (r[1,length(r[1,])]-
                    r[1,temp_index[1]])

return(list(
  n_sectors=n_sectors,
  cut = cut,
  f_wo2=f_wo2,
  xi_wo2=xi_wo2,
  wo2_sorted=wo2_sorted,
  b_wo2=b_wo2,
  b_wo_gi2=b_wo_gi2,
  se_b_wo_gi2=se_b_wo_gi2,
  av_slope_nw_wo2=av_slope_nw_wo2,
  r = r)
)
}

```

## A.5 Función normalizadora de matrices

```

#####
# Funcion normalizadora de matrices
#####

normalizar = function (X) {
  XX = matrix(0,nrow=dim(X)[1],ncol=dim(X)[2])
  for (i in 1:max(dim(X))) {
    if (sum(X[,i])>0) {
      XX[,i] = (X[,i])/sum(X[,i])
    } else if (sum(X[,i])==0){
      XX[,i] = (X[,i])
    }
  }
  XX
}
}

```

## A.6 Cálculo de norma 2 de vectores de influencia y volatilidad tradicional $1/\sqrt{n}$

```
#####
# Calculo de norma 2
# Alpha Acemoglu et. al (2012)
# Alpha ecuatoriano Borja(2014)
# comparado con 1 sobre
# raiz de n
#####

## Norma de vector v2 para matrices IO
# alpha de 0.3333

norma2_vector = function(X) {
  alpha = 0.3333
  commodities = max(dim(X))
  W = t(X)
  identidad = matrix(0,ncol=commodities, nrow=commodities)
  for(i in 1:commodities) {
    identidad[i,i]=1
  }
  vector_unos = matrix(1,nrow = commodities,ncol=1)
  v2_02 = (alpha/commodities)*
    solve(identidad-((1-alpha)*t(W))%*%
    vector_unos
  return(norm(matrix(v2_02),'2'))
}

## Norma de vector v2 para matrices IO
# alpha de 0.50186

norma2_ecu = function(X) {
  alpha = 0.50186
  commodities = max(dim(X))
  W = t(X)
  identidad = matrix(0,ncol=commodities, nrow=commodities)
  for(i in 1:commodities) {
    identidad[i,i]=1
  }
  vector_unos = matrix(1,nrow = commodities,ncol=1)
  v2_02 = (alpha/commodities)*
    solve(identidad-((1-alpha)*t(W))%*%
    vector_unos
  return(norm(matrix(v2_02),'2'))
}

# Calculo de 1/sqrt(n)

sector10 = (1/sqrt(max(dim(MIP10))))
sector95 = (1/sqrt(max(dim(CT95))))
sector93 = (1/sqrt(max(dim(CT93))))
sector90 = (1/sqrt(max(dim(CT90))))
sector85 = (1/sqrt(max(dim(CT85))))
sector80 = (1/sqrt(max(dim(CT80))))
sector75 = (1/sqrt(max(dim(CT75))))
Periodo = c("2010", "1995", "1993",
```

```

"1990","1985","1980","1975")
Raizn = round(c(sector10,
                sector95,
                sector93,
                sector90,
                sector85,
                sector80,
                sector75),4)

# Norma 2 con alpha 0.3333
norma_CT10 = norma2_vector(CT10n)
norma_CT95 = norma2_vector(CT95n)
norma_CT93 = norma2_vector(CT93n)
norma_CT90 = norma2_vector(CT90n)
norma_CT85 = norma2_vector(CT85n)
norma_CT80 = norma2_vector(CT80n)
norma_CT75 = norma2_vector(CT75n)

# Norma 2 con alpha 0.50186
norma_CT10ecu = norma2_ecu(CT10n)
norma_CT95ecu = norma2_ecu(CT95n)
norma_CT93ecu = norma2_ecu(CT93n)
norma_CT90ecu = norma2_ecu(CT90n)
norma_CT85ecu = norma2_ecu(CT85n)
norma_CT80ecu = norma2_ecu(CT80n)
norma_CT75ecu = norma2_ecu(CT75n)

# Relacion 1/sqrt(n) con cada norma

norma2_raizn_10_a = norma_CT10/sector10-1
norma2_raizn_95_a = norma_CT95/sector95-1
norma2_raizn_93_a = norma_CT93/sector93-1
norma2_raizn_90_a = norma_CT90/sector90-1
norma2_raizn_85_a = norma_CT85/sector85-1
norma2_raizn_80_a = norma_CT80/sector80-1
norma2_raizn_75_a = norma_CT75/sector75-1

norma2_raizn_10_b = norma_CT10ecu/sector10-1
norma2_raizn_95_b = norma_CT95ecu/sector95-1
norma2_raizn_93_b = norma_CT93ecu/sector93-1
norma2_raizn_90_b = norma_CT90ecu/sector90-1
norma2_raizn_85_b = norma_CT85ecu/sector85-1
norma2_raizn_80_b = norma_CT80ecu/sector80-1
norma2_raizn_75_b = norma_CT75ecu/sector75-1

Normal_raiz = round(c(norma2_raizn_10_a,
                      norma2_raizn_95_a,
                      norma2_raizn_93_a,
                      norma2_raizn_90_a,
                      norma2_raizn_85_a,
                      norma2_raizn_80_a,
                      norma2_raizn_75_a),4)

Norma2_raiz = round(c(norma2_raizn_10_b,
                      norma2_raizn_95_b,
                      norma2_raizn_93_b,
                      norma2_raizn_90_b,

```

```

        norma2_raizn_85_b,
        norma2_raizn_80_b,
        norma2_raizn_75_b),4)

norma2 = round(c(norma_CT10 ,
                norma_CT95 ,
                norma_CT93 ,
                norma_CT90 ,
                norma_CT85 ,
                norma_CT80 ,
                norma_CT75),4)

norma2ecu = round(c(norma_CT10ecu,
                   norma_CT95ecu,
                   norma_CT93ecu,
                   norma_CT90ecu,
                   norma_CT85ecu,
                   norma_CT80ecu,
                   norma_CT75ecu),4)

Periodo = c("2010","1995","1993",
            "1990","1985","1980","1975")

Resultados = cbind(Periodo,Raizn,norma2,
                   Normal_raiz,
                   norma2ecu,
                   Norma2_raiz)

library(xtable)
Resultados = xtable(Resultados,align="c|c|c|c|c|c|c")
print(Resultados,
      floating = F)

```

## A.7 Análisis de datos a más de una desviación estándar, para definir la cantidad de datos a ser usados para obtener estimadores de $\hat{\beta}$ y $\hat{\zeta}$

```

#####
# Analisis de sectores a mas de una
## desviacion estandar para hacer una
## definicion del corte para la
## estimacion de los parametros de las
## colas pesadas de los grados de
## produccion
#####

# Grados de produccion de primer orden
wo10 = apply(t(CT10n),2,FUN = sum)
wo95 = apply(t(CT95n),2,FUN = sum)
wo93 = apply(t(CT93n),2,FUN = sum)
wo90 = apply(t(CT90n),2,FUN = sum)
wo85 = apply(t(CT85n),2,FUN = sum)
wo80 = apply(t(CT80n),2,FUN = sum)
wo75 = apply(t(CT75n),2,FUN = sum)

# Cantidad total de datos

```

```

datos10 = length(wo10)
datos95 = length(wo95)
datos93 = length(wo93)
datos90 = length(wo90)
datos85 = length(wo85)
datos80 = length(wo80)
datos75 = length(wo75)

Datos_totales = c(datos10,
                  datos95,
                  datos93,
                  datos90,
                  datos85,
                  datos80,
                  datos75)

# Media y medianas de los grados de produccion
mean_wo10=mean(wo10)
median_wo10=median(wo10)
mean_wo95=mean(wo95)
median_wo95=median(wo95)
mean_wo93=mean(wo93)
median_wo93=median(wo93)
mean_wo90=mean(wo90)
median_wo90=median(wo90)
mean_wo85=mean(wo85)
median_wo85=median(wo85)
mean_wo80=mean(wo80)
median_wo80=median(wo80)
mean_wo75=mean(wo75)
median_wo75=median(wo75)

Periodo = c("2010", "1995", "1993",
            "1990", "1985", "1980", "1975")
Medias = round(c(mean_wo10,
                 mean_wo95,
                 mean_wo93,
                 mean_wo90,
                 mean_wo85,
                 mean_wo80,
                 mean_wo75), 4)

# Medianas
Medianas = round(c(median_wo10,
                  median_wo95,
                  median_wo93,
                  median_wo90,
                  median_wo85,
                  median_wo80,
                  median_wo75), 4)

# Cuartiles para cada periodo
Q10 = t(as.matrix(round(quantile(wo10), 4)))
Q95 = t(as.matrix(round(quantile(wo95), 4)))
Q93 = t(as.matrix(round(quantile(wo93), 4)))
Q90 = t(as.matrix(round(quantile(wo90), 4)))
Q85 = t(as.matrix(round(quantile(wo85), 4)))

```

```

Q80 = t(as.matrix(round(quantile(wo80),4)))
Q75 = t(as.matrix(round(quantile(wo75),4)))

Cuartiles = rbind(Q10,Q95,Q93,Q90,
                  Q85,Q80,Q75)

#Desviacion estandar
sd_wo10 = sd(wo10)
sd_wo95 = sd(wo95)
sd_wo93 = sd(wo93)
sd_wo90 = sd(wo90)
sd_wo85 = sd(wo85)
sd_wo80 = sd(wo80)
sd_wo75 = sd(wo75)

Desv_est = round(c(sd_wo10,
                  sd_wo95,
                  sd_wo93,
                  sd_wo90,
                  sd_wo85,
                  sd_wo80,
                  sd_wo75),4)

# Datos mayores a una desv est
Mas1sd10 = length(which(wo10>mean_wo10+sd_wo10))
Mas10Q3 = length(which(wo10>Q10[4]))
Mas1sd95 = length(which(wo95>mean_wo95+sd_wo95))
Mas95Q3 = length(which(wo95>Q95[4]))
Mas1sd93 = length(which(wo93>mean_wo93+sd_wo93))
Mas93Q3 = length(which(wo93>Q93[4]))
Mas1sd90 = length(which(wo90>mean_wo90+sd_wo90))
Mas90Q3 = length(which(wo90>Q90[4]))
Mas1sd85 = length(which(wo85>mean_wo85+sd_wo85))
Mas85Q3 = length(which(wo85>Q85[4]))
Mas1sd80 = length(which(wo80>mean_wo80+sd_wo80))
Mas80Q3 = length(which(wo80>Q80[4]))
Mas1sd75 = length(which(wo75>mean_wo75+sd_wo75))
Mas75Q3 = length(which(wo75>Q75[4]))

Datos_mayores_una_desvest = c(Mas1sd10,
                              Mas1sd95,
                              Mas1sd93,
                              Mas1sd90,
                              Mas1sd85,
                              Mas1sd80,
                              Mas1sd75)

Datos_Q4 = c(Mas10Q3,
             Mas95Q3,
             Mas93Q3,
             Mas90Q3,
             Mas85Q3,
             Mas80Q3,
             Mas75Q3)

#Porcentaje de datos a mas de una desvest
#y en el cuarto cuartil

```

```

Pct10 = length(which(wo10>mean_wo10+sd_wo10))/length(wo10)
Pct10m = Mas10Q3/length(wo10)
Pct95 = length(which(wo95>mean_wo95+sd_wo95))/length(wo95)
Pct95m = Mas95Q3/length(wo95)
Pct93 = length(which(wo93>mean_wo93+sd_wo93))/length(wo93)
Pct93m = Mas93Q3/length(wo93)
Pct90 = length(which(wo90>mean_wo90+sd_wo90))/length(wo90)
Pct90m = Mas90Q3/length(wo90)
Pct85 = length(which(wo85>mean_wo85+sd_wo85))/length(wo85)
Pct85m = Mas85Q3/length(wo85)
Pct80 = length(which(wo80>mean_wo80+sd_wo80))/length(wo80)
Pct80m = Mas80Q3/length(wo80)
Pct75 = length(which(wo75>mean_wo75+sd_wo75))/length(wo75)
Pct75m = Mas75Q3/length(wo75)

Pct_sectores_a_mas_1desvest = round(c(Pct10*100,
                                       Pct95*100,
                                       Pct93*100,
                                       Pct90*100,
                                       Pct85*100,
                                       Pct80*100,
                                       Pct75*100),2)

PctDatos_Q4 = round(c(Pct10m,
                      Pct95m,
                      Pct93m,
                      Pct90m,
                      Pct85m,
                      Pct80m,
                      Pct75m),4)

Prod1_resumen = cbind(Periodo,Datos_totales,Medias,Medianas)
is.matrix(Cuartiles)
Prod3_resumen = cbind(Periodo,Cuartiles)

Prod2_resumen = cbind(Periodo,Datos_totales,Medias,
                      Desv_est,Datos_Q4,
                      Pct_sectores_a_mas_1desvest)

Prod4_resumen = cbind(Periodo,Datos_totales,Medianas,
                      Datos_Q4,PctDatos_Q4)

library(xtable)
prod1_ind = xtable((Prod1_resumen),align=("c|c|c|c|c|c"))
print(prod1_ind,
      floating = F)
prod2_ind = xtable((Prod2_resumen),align=("c|c|c|c|c|c|c"))
print(prod2_ind,
      floating = F)

prod3_ind = xtable((Prod3_resumen),align=("c|c|c|c|c|c|c"))
print(prod3_ind,
      floating = F)

prod4_ind = xtable((Prod4_resumen),align=("c|c|c|c|c|c"))
print(prod4_ind,

```

```

floating = F)

### Grados de produccion de segundo orden

o2 = function (CC) {
  wij = matrix(0,ncol=length(CC[1,]),
              nrow = length(CC[,1]))
  wo = apply(t(CC),2,FUN = sum)
  wo2 = matrix(0,nrow=1,ncol=length(CC[1,]))
  for(i in 1:length(wo)) {
    wij[i,] = CC[i,]
    wo2[,i] = (as.numeric(wij[i,])**%(wo))
  }
  return(wo2)
}

wo_2_10 = o2(CT10n)
wo_2_95 = o2(CT95n)
wo_2_93 = o2(CT93n)
wo_2_90 = o2(CT90n)
wo_2_85 = o2(CT85n)
wo_2_80 = o2(CT80n)
wo_2_75 = o2(CT75n)

# Medias 2 orden
media2_10 = mean(wo_2_10)
media2_95 = mean(wo_2_95)
media2_93 = mean(wo_2_93)
media2_90 = mean(wo_2_90)
media2_85 = mean(wo_2_85)
media2_80 = mean(wo_2_80)
media2_75 = mean(wo_2_75)

Media_2do_orden = round(c(media2_10,
                          media2_95,
                          media2_93,
                          media2_90,
                          media2_85,
                          media2_80,
                          media2_75),4)

# Medianas 2 orden
mediana2_10 = median(wo_2_10)
mediana2_95 = median(wo_2_95)
mediana2_93 = median(wo_2_93)
mediana2_90 = median(wo_2_90)
mediana2_85 = median(wo_2_85)
mediana2_80 = median(wo_2_80)
mediana2_75 = median(wo_2_75)

Mediana_2do_orden = round(c(mediana2_10,
                            mediana2_95,
                            mediana2_93,
                            mediana2_90,
                            mediana2_85,
                            mediana2_80,
                            mediana2_75),4)

```

```

#SD segundo orden
SD2_10 = sd(wo_2_10)
SD2_95 = sd(wo_2_95)
SD2_93 = sd(wo_2_93)
SD2_90 = sd(wo_2_90)
SD2_85 = sd(wo_2_85)
SD2_80 = sd(wo_2_80)
SD2_75 = sd(wo_2_75)

Desvest_2do_orden = round(c(SD2_10,
                             SD2_95,
                             SD2_93,
                             SD2_90,
                             SD2_85,
                             SD2_80,
                             SD2_75),4)

# Cuartiles para grados de produccion
# de segundo orden
Q10_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_10),4)))
Q95_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_95),4)))
Q93_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_93),4)))
Q90_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_90),4)))
Q85_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_85),4)))
Q80_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_80),4)))
Q75_2 = t(as.matrix(round(quantile(wo_2_75),4)))

Cuartiles2 = rbind(Q10_2,Q95_2,Q93_2,Q90_2,
                  Q85_2,Q80_2,Q75_2)

Prod5_resumen = cbind(Periodo,Cuartiles2)
Prod6_resumen = cbind(Periodo,
                      Media_2do_orden,
                      Mediana_2do_orden)

library(xtable)
prod5_ind = xtable((Prod5_resumen),align=("c|c|c|c|c|c|c"))
print(prod5_ind,
      floating = F)

prod6_ind = xtable((Prod6_resumen),align=("c|c|c|c"))
print(prod6_ind,
      floating = F)

# Datos en el cuarto cuartil
Mas10Q3_2 = length(which(wo_2_10>Q10_2[4]))
Mas95Q3_2 = length(which(wo_2_95>Q95_2[4]))
Mas93Q3_2 = length(which(wo_2_93>Q93_2[4]))
Mas90Q3_2 = length(which(wo_2_90>Q90_2[4]))
Mas85Q3_2 = length(which(wo_2_85>Q85_2[4]))
Mas80Q3_2 = length(which(wo_2_80>Q80_2[4]))
Mas75Q3_2 = length(which(wo_2_75>Q75_2[4]))

Q4_2d = c(Mas10Q3_2,
           Mas95Q3_2,
           Mas93Q3_2,
           Mas90Q3_2,

```

```

Mas85Q3_2,
Mas80Q3_2,
Mas75Q3_2)

#Porcentaje de datos Q4
PctQ42_10 = Mas10Q3_2/length(wo_2_10)
PctQ42_95 = Mas95Q3_2/length(wo_2_95)
PctQ42_93 = Mas93Q3_2/length(wo_2_93)
PctQ42_90 = Mas90Q3_2/length(wo_2_90)
PctQ42_85 = Mas85Q3_2/length(wo_2_85)
PctQ42_80 = Mas80Q3_2/length(wo_2_80)
PctQ42_75 = Mas75Q3_2/length(wo_2_75)

Pct_obs_Q4 = round(c(PctQ42_10,
                    PctQ42_95,
                    PctQ42_93,
                    PctQ42_90,
                    PctQ42_85,
                    PctQ42_80,
                    PctQ42_75),4)

Prod_3orden_resumen = cbind(Periodo,Datos_totales,Mediana_2do_orden,
                            Q4_2d,
                            Pct_obs_Q4)

library(xtable)
prod_ind3 = xtable((Prod_3orden_resumen),align="c|c|c|c|c|c")
print(prod_ind3,
      floating = F)

# Datos mayores a una desv est
Mas1sd2_10 = length(which(wo_2_10>media2_10+SD2_10))
Mas1sd2_95 = length(which(wo_2_95>media2_95+SD2_95))
Mas1sd2_93 = length(which(wo_2_93>media2_93+SD2_93))
Mas1sd2_90 = length(which(wo_2_90>media2_90+SD2_90))
Mas1sd2_85 = length(which(wo_2_85>media2_85+SD2_85))
Mas1sd2_80 = length(which(wo_2_80>media2_80+SD2_80))
Mas1sd2_75 = length(which(wo_2_75>media2_75+SD2_75))

Observaciones_mayores_1desvest = c(Mas1sd2_10,
                                    Mas1sd2_95,
                                    Mas1sd2_93,
                                    Mas1sd2_90,
                                    Mas1sd2_85,
                                    Mas1sd2_80,
                                    Mas1sd2_75)

#Porcentaje de datos a mas de una desvest
Pct2_10 = Mas1sd2_10/length(wo_2_10)
Pct2_95 = Mas1sd2_95/length(wo_2_95)
Pct2_93 = Mas1sd2_93/length(wo_2_93)
Pct2_90 = Mas1sd2_90/length(wo_2_90)
Pct2_85 = Mas1sd2_85/length(wo_2_85)
Pct2_80 = Mas1sd2_80/length(wo_2_80)
Pct2_75 = Mas1sd2_75/length(wo_2_75)

Pct_obs_mayores_1desvest = round(c(Pct2_10*100,

```

```
        Pct2_95*100,  
        Pct2_93*100,  
        Pct2_90*100,  
        Pct2_85*100,  
        Pct2_80*100,  
        Pct2_75*100),4)  
  
Prod_2orden_resumen = cbind(Periodo,Datos_totales,Media_2do_orden,  
Desvest_2do_orden,Observaciones_mayores_1desvest,  
                        Pct_obs_mayores_1desvest)  
  
library(xtable)  
prod_ind2 = xtable((Prod_2orden_resumen),align=("c|c|c|c|c|c|c"))  
print(prod_ind2,  
      floating = F)
```

## A.8 Generación de resultados y gráficos del grado de demanda de insumos

### ecuatorianos

```
#####

# Grado de demanda ponderado

# Matrices ecuatorianas

# depende de la funcion w_ind

#####

pct_cut = 1
w_ind10 = w_ind(MIP10,pct_cut)
w_ind93 = w_ind(CT93,pct_cut)
w_ind95 = w_ind(CT95,pct_cut)
w_ind90 = w_ind(CT90,pct_cut)
w_ind85 = w_ind(CT85,pct_cut)
w_ind75 = w_ind(CT75,pct_cut)
w_ind80 = w_ind(CT80,pct_cut)

# Media y desvest del total de insumo
mean_sort10 = w_ind10$mean_share
median10 = median(w_ind10$wi_sorted)
boxplot(w_ind10$wi_sorted)
sd10 = sd(w_ind10$wi_sorted)
mean_sort95 = w_ind95$mean_share
median95 = median(w_ind95$wi_sorted)
boxplot(w_ind95$wi_sorted)
sd95 = sd(w_ind95$wi_sorted)
mean_sort93 = w_ind93$mean_share
median93 = median(w_ind93$wi_sorted)
boxplot(w_ind93$wi_sorted)
sd93 = sd(w_ind93$wi_sorted)
mean_sort90 = w_ind90$mean_share
median90 = median(w_ind90$wi_sorted)
boxplot(w_ind90$wi_sorted)
sd90 = sd(w_ind90$wi_sorted)
mean_sort85 = w_ind85$mean_share
median85 = median(w_ind85$wi_sorted)
boxplot(w_ind85$wi_sorted)
sd85 = sd(w_ind85$wi_sorted)
mean_sort80 = w_ind80$mean_share
median80 = median(w_ind80$wi_sorted)
boxplot(w_ind80$wi_sorted)
sd80 = sd(w_ind80$wi_sorted)
mean_sort75 = w_ind75$mean_share
median75 = median(w_ind75$wi_sorted)
sd75 = sd(w_ind75$wi_sorted)
boxplot(w_ind75$wi_sorted,
        w_ind80$wi_sorted,
        w_ind85$wi_sorted,
```

```

    w_ind90$wi_sorted,
    w_ind93$wi_sorted,
    w_ind95$wi_sorted,
    w_ind10$wi_sorted,
    col=c(2:8),
    main = "Diagrama de caja para cada periodo de estudio",
    ylab = "Grado de demanda ponderada",
    names = c("1975","1980","1985",
              "1990","1993","1995",
              "2010")
  )

Periodo = c("2010","1995","1993",
            "1990","1985","1980","1975")
Mean_share = c(mean_sort10,mean_sort95,
               mean_sort93,
               mean_sort90,mean_sort85,
               mean_sort80,mean_sort75)
Media_por_periodo = round(Mean_share,4)

Median_input = c(median10,median95,
                 median93,
                 median90,median85,
                 median80,median75)
Mediana_por_periodo = round(Median_input,4)

Total_sectores = c(w_ind10$n_sectors,
                   w_ind95$n_sectors,
                   w_ind93$n_sectors,
                   w_ind90$n_sectors,
                   w_ind85$n_sectors,
                   w_ind80$n_sectors,
                   w_ind75$n_sectors
                   )

SD_Inputshare = c(sd10,sd95,sd93,
                  sd90,sd85,sd80,sd75)
Desv._Est._por_periodo =round(SD_Inputshare,4)

Mean_summary_table = cbind(Periodo,
                            Total_sectores,
                            Media_por_periodo,
                            Desv._Est._por_periodo,
                            Mediana_por_periodo)

library(xtable)
medias_ind = xtable(Mean_summary_table,align="cccccc")
print(medias_ind,
      floating = F)

# % de sectores a 1 desvest de la media
std_mean10 = (length(
  which(
    w_ind10$wi_sorted <= (sd10+mean_sort10)
    & w_ind10$wi_sorted >= (-sd10+mean_sort10)))
  /w_ind10$n_sectors)

std_mean95 = (length(

```

```

which(
  w_ind95$wi_sorted <= (sd95+mean_sort95)
  & w_ind95$wi_sorted >= (-sd95+mean_sort95)))
  /w_ind95$n_sectors)

std_mean93 = (length(
  which(
    w_ind93$wi_sorted <= (sd93+mean_sort93)
    & w_ind93$wi_sorted >= (-sd93+mean_sort93)))
  /w_ind93$n_sectors)

std_mean90 = (length(
  which(
    w_ind90$wi_sorted <= (sd90+mean_sort90)
    & w_ind90$wi_sorted >= (-sd90+mean_sort90)))
  /w_ind90$n_sectors)

std_mean85 = (length(
  which(
    w_ind85$wi_sorted <= (sd85+mean_sort85)
    & w_ind85$wi_sorted >= (-sd85+mean_sort85)))
  /w_ind85$n_sectors)

std_mean80 = (length(
  which(
    w_ind80$wi_sorted <= (sd80+mean_sort80)
    & w_ind80$wi_sorted >= (-sd80+mean_sort80)))
  /w_ind80$n_sectors)

std_mean75 = (length(
  which(
    w_ind75$wi_sorted <= (sd75+mean_sort75)
    & w_ind75$wi_sorted >= (-sd75+mean_sort75)))
  /w_ind75$n_sectors)

Pct_1std_mean = c(std_mean10,std_mean95,
                  std_mean93,
                  std_mean90,std_mean85,
                  std_mean80,std_mean75)
mean(Pct_1std_mean)
Pct_1_Desv_Est = round(Pct_1std_mean,4)
Pct_1std_mean_table = cbind(Periodo,
                             Pct_1_Desv_Est)
print(xtable(Pct_1std_mean_table,align="ccc"),
      floating = F)

# % de sectores a 2 desvest de la media
std2_mean10 = (length(
  which(
    w_ind10$wi_sorted <= (2*sd10+mean_sort10)
    & w_ind10$wi_sorted >= (-2*sd10+mean_sort10)))
  /w_ind10$n_sectors)

std2_mean95 = (length(
  which(
    w_ind95$wi_sorted <= (2*sd95+mean_sort95)
    & w_ind95$wi_sorted >= (-2*sd95+mean_sort95)))

```

```

/w_ind95$n_sectors)

std2_mean93 = (length(
  which(
    w_ind93$wi_sorted <= (2*sd93+mean_sort93)
    & w_ind93$wi_sorted >= (-2*sd93+mean_sort93)))
  /w_ind93$n_sectors)

std2_mean90 = (length(
  which(
    w_ind90$wi_sorted <= (2*sd90+mean_sort90)
    & w_ind90$wi_sorted >= (-2*sd90+mean_sort90)))
  /w_ind90$n_sectors)

std2_mean85 = (length(
  which(
    w_ind85$wi_sorted <= (2*sd85+mean_sort85)
    & w_ind85$wi_sorted >= (-2*sd85+mean_sort85)))
  /w_ind85$n_sectors)

std2_mean80 = (length(
  which(
    w_ind80$wi_sorted <= (2*sd80+mean_sort80)
    & w_ind80$wi_sorted >= (-2*sd80+mean_sort80)))
  /w_ind80$n_sectors)

std2_mean75 = (length(
  which(
    w_ind75$wi_sorted <= (2*sd75+mean_sort75)
    & w_ind75$wi_sorted >= (-2*sd75+mean_sort75)))
  /w_ind75$n_sectors)

Pct_2std_mean = c(std2_mean10,std2_mean95,
                  std2_mean93,
                  std2_mean90,std2_mean85,
                  std2_mean80,std2_mean75)
mean(Pct_2std_mean)
#RSiteSearch("whatever you like")

# Graficos de los resultados
# grafico de densidad de kernel 2010

plot(x = w_ind10$xi_wi, y = w_ind10$f_wi,
     col = "blue",
     #pch = 20,
     #type = "o",
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 4,
     bty = "l",
     col.axis = "darkblue",
     xlab = "Grado de demanda ponderada",
     ylab = "Densidad empirica",
     main = "Densidad empirica de los grados
de demanda ponderada de Ecuador")

matplot(x = w_ind95$xi_wi, y = w_ind95$f_wi,

```

```

        col = "darkgreen",
        #pch = 1,
#type = "o",
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 4,
        add = T
    )
matplot(x = w_ind93$xi_wi, y = w_ind93$f_wi,
        col = "black",
        #pch = 2,
        #type = "o",
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 4,
        add = T
    )
matplot(x = w_ind90$xi_wi, y = w_ind90$f_wi,
        col = "red",
        #pch = 3,
        #type = "o",
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 4,
        add = T
    )
matplot(x = w_ind85$xi_wi, y = w_ind85$f_wi,
        col = "magenta",
        #pch = 18,
        #type = "o",
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 4,
        add = T,
    )
matplot(x = w_ind80$xi_wi, y = w_ind80$f_wi,
        col = "orange",
        #pch = 15,
        #type = "o",
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 4,
        add = T,
    )
matplot(x = w_ind75$xi_wi, y = w_ind75$f_wi,
        col = "brown",
        #pch = 20,
        #type = "o",
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 4,
        add = T,
    )
legend("topright",
        legend = c(2010,1995,1993,1990,1985,1980,1975),
        col = c("blue","darkgreen","black","red",

```

```
      "magenta", "orange", "brown"),  
lty = c(1,1,1,1,1,1,1),  
lwd = c(4,4,4,4,4,4,4),  
text.col = c("blue", "darkgreen", "black", "red",  
             "magenta", "orange", "brown"),  
#pch = c(20,1,2,3,18,15,20),  
bty = "n",  
y.intersp = 1.2,  
x.intersp = 0.9)
```

## A.9 Generación de resultados y gráficos del grado de producción de insumos

### ecuatorianos, de primer orden

```
#####
## Outdegree_Ecuador
# Depende de las funciones:
# normalizar, w_out, ksr y w_out_2ord
#####

# Calculo de norma de matrices completas
CT10n = normalizar(MIP10)
norma_CT10n = norma2_vector(CT10n)
CT95n = normalizar(CT95)
norma_CT95 = norma2_vector(CT95n)
CT93n = normalizar(CT93)
norma_CT93 = norma2_vector(CT93n)
CT90n = normalizar(CT90)
norma_CT90 = norma2_vector(CT90n)
CT85n = normalizar(CT85)
norma_CT85 = norma2_vector(CT85n)
CT80n = normalizar(CT80)
norma_CT80 = norma2_vector(CT80n)
CT75n = normalizar(CT75)
norma_CT75 = norma2_vector(CT75n)

cut_off = 1
library(powerLaw)
# Se debe primero normalizar las matrices
# para lo cual se debe usar la funcion
# normalizar

# Una vez normalizadas las matrices se
# debe usar la funcion w_out tomando como
# input las matrices normalizadas
w_out10 = w_out(CT10n, cut_off)
w_out95 = w_out(CT95n, cut_off)
w_out93 = w_out(CT93n, cut_off)
w_out90 = w_out(CT90n, cut_off)
w_out85 = w_out(CT85n, cut_off)
w_out80 = w_out(CT80n, cut_off)
w_out75 = w_out(CT75n, cut_off)

# Beta techo y errores estandar segun modelo
# OLS de Gabaix-Ibraimov
b_wo_gi10 = abs(w_out10$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi10 = abs(w_out10$se_b_wo_gi)
b_wo_gi95 = abs(w_out95$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi95 = abs(w_out95$se_b_wo_gi)
b_wo_gi93 = abs(w_out93$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi93 = abs(w_out93$se_b_wo_gi)
b_wo_gi90 = abs(w_out90$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi90 = abs(w_out90$se_b_wo_gi)
b_wo_gi85 = abs(w_out85$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi85 = abs(w_out85$se_b_wo_gi)
```

```

b_wo_gi80 = abs(w_out80$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi80 = abs(w_out80$se_b_wo_gi)
b_wo_gi75 = abs(w_out75$b_wo_gi[3])
se_b_wo_gi75 = abs(w_out75$se_b_wo_gi)

```

```

#Análisis del valor-p del 100% de los datos
pvalue10_2 = plpva(x=w_out10$wo_sorted,xmin=min(w_out10$wo_sorted))
pvalue10_2$p
pvalue10_2$gof
pvalue95_2 = plpva(x=w_out95$wo_sorted,xmin=min(w_out95$wo_sorted))
pvalue95_2$p
pvalue95_2$gof
pvalue93_2 = plpva(x=w_out93$wo_sorted,xmin=min(w_out93$wo_sorted))
pvalue93_2$p
pvalue93_2$gof
pvalue90_2 = plpva(x=w_out90$wo_sorted,xmin=min(w_out90$wo_sorted))
pvalue90_2$p
pvalue90_2$gof
pvalue85_2 = plpva(x=w_out85$wo_sorted,xmin=min(w_out85$wo_sorted))
pvalue85_2$p
pvalue85_2$gof
pvalue80_2 = plpva(x=w_out80$wo_sorted,xmin=min(w_out80$wo_sorted))
pvalue80_2$p
pvalue80_2$gof
pvalue75_2 = plpva(x=w_out75$wo_sorted,xmin=min(w_out75$wo_sorted))
pvalue75_2$p
pvalue75_2$gof

```

```

#Análisis del valor-p del 50% de los datos
pvalue10_3 =
plpva(x=w_out10$wo_sorted,xmin=min(w_out10$wo_sorted[1:33]))
pvalue10_3$p
pvalue10_3$gof
pvalue95_3 =
plpva(x=w_out95$wo_sorted,xmin=min(w_out95$wo_sorted[1:length(w_out95
$wo_sorted)/2]))
pvalue95_3$p
pvalue95_3$gof
pvalue93_3 =
plpva(x=w_out93$wo_sorted,xmin=min(w_out93$wo_sorted[1:length(w_out93
$wo_sorted)/2]))
pvalue93_3$p
pvalue93_3$gof
pvalue90_3 =
plpva(x=w_out90$wo_sorted,xmin=min(w_out90$wo_sorted[1:length(w_out90
$wo_sorted)/2]))
pvalue90_3$p
pvalue90_3$gof
pvalue85_3 =
plpva(x=w_out85$wo_sorted,xmin=min(w_out85$wo_sorted[1:length(w_out85
$wo_sorted)/2]))
pvalue85_3$p
pvalue85_3$gof
pvalue80_3 =
plpva(x=w_out80$wo_sorted,xmin=min(w_out80$wo_sorted[1:length(w_out80
$wo_sorted)/2]))

```

```

pvalue80_3$p
pvalue80_3$gof
pvalue75_3 =
plpva(x=w_out75$wo_sorted,xmin=min(w_out75$wo_sorted[1:length(w_out75
$wo_sorted)/2]))
pvalue75_3$p
pvalue75_3$gof

```

```

Periodo = c("2010","1995","1993",
            "1990","1985","1980","1975")
Beta_techo = round(c(b_wo_gi10,
                    b_wo_gi95,
                    b_wo_gi93,
                    b_wo_gi90,
                    b_wo_gi85,
                    b_wo_gi80,
                    b_wo_gi75),4)

```

```

Error_estandar_Beta = round(c(se_b_wo_gi10,
                              se_b_wo_gi95,
                              se_b_wo_gi93,
                              se_b_wo_gi90,
                              se_b_wo_gi85,
                              se_b_wo_gi80,
                              se_b_wo_gi75),4)

```

```

Sectoros_usados = c(w_out10$cut,
                   w_out95$cut,
                   w_out93$cut,
                   w_out90$cut,
                   w_out85$cut,
                   w_out80$cut,
                   w_out75$cut)

```

```

R2 = round(c(w_out10$R2,
            w_out95$R2,
            w_out93$R2,
            w_out90$R2,
            w_out85$R2,
            w_out80$R2,
            w_out75$R2),4)

```

```

valorp100 = round(c(pvalue10_2$p,
                   pvalue95_2$p,
                   pvalue93_2$p,
                   pvalue90_2$p,
                   pvalue85_2$p,
                   pvalue80_2$p,
                   pvalue75_2$p),4)

```

```

valorp50 = round(c(pvalue10_3$p,
                  pvalue95_3$p,
                  pvalue93_3$p,
                  pvalue90_3$p,
                  pvalue85_3$p,
                  pvalue80_3$p,

```

```

        pvalue75_3$p),4)

Resumen_beta_techo1 = cbind(Periodo,Beta_techo,
                           Error_estandar_Beta,
                           Sectores_usados,
                           R2,
                           valorp100)

Resumen_beta_techo2 = cbind(Periodo,Beta_techo,
                           Error_estandar_Beta,
                           Sectores_usados,
                           R2,
                           valorp50)

library(xtable)
beta_ind = xtable(Resumen_beta_techo1,align=("c|c|c|c|c|c"))
print(beta_ind,
      floating = F)

beta_ind = xtable(Resumen_beta_techo2,align=("c|c|c|c|c|c"))
print(beta_ind,
      floating = F)

# Numero de sectores para cada periodo
sectors10 = w_out10$n_sectors
sectors95 = w_out95$n_sectors
sectors93 = w_out93$n_sectors
sectors90 = w_out90$n_sectors
sectors85 = w_out85$n_sectors
sectors80 = w_out80$n_sectors
sectors75 = w_out75$n_sectors

# wo_sorted por periodo
sorted10 = w_out10$wo_sorted
sorted95 = w_out95$wo_sorted
sorted93 = w_out93$wo_sorted
sorted90 = w_out90$wo_sorted
sorted85 = w_out85$wo_sorted
sorted80 = w_out80$wo_sorted
sorted75 = w_out75$wo_sorted

# Funcion para encontrar alpha
# que ajusta los datos a una
# ley de potencia y entrega
# prueba D de Kolmogorovo-Smirnov
# si es mayor que 0.1, alpha es
# significativo para una ley de potencia
MLE10 = plfit(na.omit(w_out10$wo_sorted))
MLE95 = plfit(na.omit(w_out95$wo_sorted))
MLE93 = plfit(na.omit(w_out93$wo_sorted))
MLE90 = plfit(na.omit(w_out90$wo_sorted))
MLE85 = plfit(na.omit(w_out85$wo_sorted))
MLE80 = plfit(na.omit(w_out80$wo_sorted), nosmall=T)
MLE75 = plfit(na.omit(w_out75$wo_sorted))

xmin_lord = round(c(MLE10$xmin,
```

```

        MLE95$xmin,
        MLE93$xmin,
        MLE90$xmin,
        MLE85$xmin,
        MLE80$xmin,
        MLE75$xmin), 4)

alpha_lord = round(c(MLE10$alpha,
                    MLE95$alpha,
                    MLE93$alpha,
                    MLE90$alpha,
                    MLE85$alpha,
                    MLE80$alpha,
                    MLE75$alpha), 4)

#Calculo de valor-p de la serie usando MLE
pvalue10 = plpva(x=w_out10$wo_sorted,xmin=MLE10$xmin)
pvalue10$p
pvalue10$gof==MLE10$D
pvalue95 = plpva(x=w_out95$wo_sorted,xmin=MLE95$xmin)
pvalue95$p
pvalue95$gof==MLE95$D
pvalue93 = plpva(x=w_out93$wo_sorted,xmin=MLE93$xmin)
pvalue93$p
pvalue93$gof==MLE93$D
pvalue90 = plpva(x=w_out90$wo_sorted,xmin=MLE90$xmin)
pvalue90$p
pvalue90$gof
pvalue85 = plpva(x=w_out85$wo_sorted,xmin=MLE85$xmin)
pvalue85$p
pvalue85$gof
pvalue80 = plpva(x=w_out80$wo_sorted,xmin=MLE80$xmin)
pvalue80$p
pvalue80$gof
pvalue75 = plpva(x=w_out75$wo_sorted,xmin=MLE75$xmin)
pvalue75$p
pvalue75$gof

sectores_xmin = c(length(which(w_out10$wo_sorted>MLE10$xmin)),
                  length(which(w_out95$wo_sorted>MLE95$xmin)),
                  length(which(w_out93$wo_sorted>MLE93$xmin)),
                  length(which(w_out90$wo_sorted>MLE90$xmin)),
                  length(which(w_out85$wo_sorted>MLE85$xmin)),
                  length(which(w_out80$wo_sorted>MLE80$xmin)),
                  length(which(w_out75$wo_sorted>MLE75$xmin)))

EE_alpha1 = round(c((MLE10$alpha-
1)/length(which(w_out10$wo_sorted>MLE10$xmin)),
                    (MLE95$alpha-
1)/length(which(w_out95$wo_sorted>MLE95$xmin)),
                    (MLE93$alpha-
1)/length(which(w_out93$wo_sorted>MLE93$xmin)),
                    (MLE90$alpha-
1)/length(which(w_out90$wo_sorted>MLE90$xmin)),
                    (MLE85$alpha-
1)/length(which(w_out85$wo_sorted>MLE85$xmin))),

```

```

      (MLE80$alpha-
1)/length(which(w_out80$wo_sorted>MLE80$xmin)),
      (MLE75$alpha-
1)/length(which(w_out75$wo_sorted>MLE75$xmin))),4)

test_lord = round(c(pvalue10$p,
                    pvalue95$p,
                    pvalue93$p,
                    pvalue90$p,
                    pvalue85$p,
                    pvalue80$p,
                    pvalue75$p),4)

Resumen_MLElord = cbind(Periodo,
                        xmin_lord,
                        sectores_xmin,
                        alpha_lord,
                        test_lord,
                        EE_alpha1)

library(xtable)
MLElord_ind = xtable(Resumen_MLElord,align=( "c|c|c|c|c|c|c"))
print(MLElord_ind,
      floating = F)

# Analisis de dispersion de datos
# usando diagrama de caja
boxplot(sorted75,
        sorted80,
        sorted85,
        sorted90,
        sorted93,
        sorted95,
        sorted10,
        col=c(2:8),
        main = "Diagrama de caja para cada periodo de estudio",
        ylab = "Grado de produccion ponderada de primer orden",
        names = c("1975","1980","1985",
                  "1990","1993","1995",
                  "2010")
)

# tamaño del vector ordenado wo_sorted
sorted_size10 = length(sorted10)
sorted_size95 = length(sorted95)
sorted_size93 = length(sorted93)
sorted_size90 = length(sorted90)
sorted_size85 = length(sorted85)
sorted_size80 = length(sorted80)
sorted_size75 = length(sorted75)

# Graficos de los resultados
# grafico de densidad de kernel 2010
par(mfrow = c(1,2))
plot(x = w_out10$xi_wo, y = w_out10$f_wo,

```

```

    col = "blue",
    #pch = 20,
    type = "l",
    lty = 1,
    lwd = 3,
    bty = "l",
    xlab = "Grado de produccion ponderado",
    ylab = "Densidad empirica",
#     xlim = c(0,13),
#     ylim = c(0,0.5)
)
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright",
      legend = c(2010),
      col = c("blue"),
      lty = c(1),
      lwd = c(3),
      #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
      bty = "n",
      y.intersp = 1.2,
      x.intersp = 0.9)

plot(x = w_out95$xi_wo, y = w_out95$f_wo,
     col = "darkgreen",
     #pch = 1,
     xlab = "Grado de produccion ponderado",
#     xlim = (12),
     ylab = "Densidad empirica",
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     bty = "l",
#     add = T
)
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright",
      legend = c(1995),
      col = c("darkgreen"),
      lty = c(1),
      lwd = c(3),
      #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
      bty = "n",
      y.intersp = 1.2,
      x.intersp = 0.9)

plot(x = w_out93$xi_wo, y = w_out93$f_wo,
     col = "gold",
     xlab = "Grado de produccion ponderado",
     ylab = "Densidad empirica",
     #pch = 2,
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     bty = "l",
#     add = T,
)
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)

```

```

legend("topright",
      legend = c(1993),
      col = c("gold"),
      lty = c(1),
      lwd = c(3),
      #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
      bty = "n",
      y.intersp = 1.2,
      x.intersp = 0.9)

plot(x = w_out90$xi_wo, y = w_out90$f_wo,
     col = "red",
     xlab = "Grado de produccion ponderado",
     ylab = "Densidad empirica",
     #pch = 3,
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     bty = "l",
     #
     add = T,
     )
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright",
      legend = c(1990),
      col = c("red"),
      lty = c(1),
      lwd = c(3),
      #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
      bty = "n",
      y.intersp = 1.2,
      x.intersp = 0.9)

plot(x = w_out85$xi_wo, y = w_out85$f_wo,
     col = "magenta",
     xlab = "Grado de produccion ponderado",
     ylab = "Densidad empirica",
     #pch = 18,
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     bty = "l",
     #
     add = T,
     )
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright",
      legend = c(1985),
      col = c("magenta"),
      lty = c(1),
      lwd = c(3),
      #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
      bty = "n",
      y.intersp = 1.2,
      x.intersp = 0.9)

plot(x = w_out80$xi_wo, y = w_out80$f_wo,
     col = "orange",
     xlab = "Grado de produccion ponderado",

```

```

        ylab = "Densidad empirica",
        #pch = 15,
        type = "l",
        lty = 1,
        lwd = 3,
        bty = "l",
#         add = T,
    )
    grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
    legend("topright",
          legend = c(1980),
          col = c("orange"),
          lty = c(1),
          lwd = c(3),
          #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
          bty = "n",
          y.intersp = 1.2,
          x.intersp = 0.9)
    par(mfrow = c(1,1))
    plot(x = w_out75$xi_wo, y = w_out75$f_wo,
         col = "brown",
         xlab = "Grado de produccion ponderado",
         ylab = "Densidad empirica",
         #pch = 20,
         type = "l",
         lty = 1,
         lwd = 3,
         bty = "l",
#         add = T,
    )
    grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
    legend("topright",
          legend = c(1975),
          col = c("brown"),
          lty = c(1),
          lwd = c(3),
          #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
          bty = "n",
          y.intersp = 1.2,
          x.intersp = 0.9)

# legend("topright",
#       legend = c(2010,1995,1993,1990,1985,1980,1975),
#       col = c("blue","darkgreen","lightgreen","red",
#              "magenta","orange","brown"),
#       lty = c(1,1,1,1,1,1,1),
#       lwd = c(1,1,1,1,1,1,1),
#       #pch = c(20,1,2,3,18,15,20),
#       bty = "n",
#       y.intersp = 1.2,
#       x.intersp = 0.9)

## Panel CCDF version with non parametric
## on LHS

# grafico periodo 2010

```

```

par(mfrow = c(1,2))

z = w_out10$wo_sorted[which(w_out10$wo_sorted>0)]
a = log(z)
b = log(seq(from=1,to=length(z),by=1)/length(z))
r = ksr(a,b,0,0)
plot(x=exp(a),y=exp(b),col="black",
      #pch=1,
      type = "l",
      lty = 1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de primer orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      log="xy"
)

matplot(x=exp(w_out10$r[1,]),
        y=exp(w_out10$r[2,]),
        type="l",
        col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(2010,"Teorica"),
      col = c("black","red"),
      lty = 1, bty = "n",
      xjust = 0,
      yjust = 0)

# grafico todos los periodos
z95 = w_out95$wo_sorted[which(w_out95$wo_sorted>0)]
a95 = log(z95)
b95 = log(seq(from=1,to=length(z95),by=1)/length(z95))
r95 = ksr(a95,b95,0,0)
plot(x=exp(a95),y=exp(b95),col="black",
      #pch=1,
      type = "l",
      lty = 1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de primer orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      log="xy"
)

matplot(x=exp(w_out95$r[1,]),
        y=exp(w_out95$r[2,]),
        col="red",
        #pch=18,
        type = "l",
        log="xy",
        add = T
)

legend("bottomleft",legend = c(1995,"Teorica"),
      col = c("black","red"),
      lty = 1, bty = "n")

z93 = w_out93$wo_sorted[which(w_out93$wo_sorted>0)]
a93 = log(z93)
b93 = log(seq(from=1,to=length(z93),by=1)/length(z93))

```

```

r93 = ksr(a93,b93,0,0)
plot(x=exp(a93),y=exp(b93),col="black",
      #pch=1,
      type = "l",
      lty = 1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de primer orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      log="xy"
)

matplot(x=exp(w_out93$r[1,]),
        y=exp(w_out93$r[2,]),
        col="red",
        #pch=18,
        type = "l",
        log="xy",
        add = T
)

legend("bottomleft",legend = c(1993,"Teorica"),
      col = c("black","red"),
      lty = 1, bty = "n")

z90 = w_out90$wo_sorted[which(w_out90$wo_sorted>0)]
a90 = log(z90)
b90 = log(seq(from=1,to=length(z90),by=1)/length(z90))
r90 = ksr(a90,b90,0,0)
plot(x=exp(a90),y=exp(b90),col="black",
      #pch=1,
      type = "l",
      lty = 1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de primer orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      log="xy"
)

matplot(x=exp(w_out90$r[1,]),
        y=exp(w_out90$r[2,]),
        col="red",
        #pch=18,
        type = "l",
        log="xy",
        add = T
)

legend("bottomleft",legend = c(1990,"Teorica"),
      col = c("black","red"),
      lty = 1, bty = "n")

z85 = w_out85$wo_sorted[which(w_out85$wo_sorted>0)]
a85 = log(z85)
b85 = log(seq(from=1,to=length(z85),by=1)/length(z85))
r85 = ksr(a85,b85,0,0)
plot(x=exp(a85),y=exp(b85),col="black",
      #pch=1,
      type = "l",
      lty = 1,

```

```

        xlab = "Grados de produccion ponderardos de primer orden",
        ylab = "FDCA Empirica",
        log="xy"
    )

matplot(x=exp(w_out85$r[1,]),
        y=exp(w_out85$r[2,]),
        col="red",
        #pch=18,
        type = "l",
        log="xy",
        add = T
    )

legend("bottomleft", legend = c(1985, "Teorica"),
      col = c("black", "red"),
      lty = 1, bty = "n")

z80 = w_out80$wo_sorted[which(w_out80$wo_sorted>0)]
a80 = log(z80)
b80 = log(seq(from=1, to=length(z80), by=1)/length(z80))
r80 = ksr(a80, b80, 0, 0)
plot(x=exp(a80), y=exp(b80), col="black",
     #pch=1,
     type = "l",
     lty = 1,
     xlab = "Grados de produccion ponderardos de primer orden",
     ylab = "FDCA Empirica",
     log="xy"
)

matplot(x=exp(w_out80$r[1,]),
        y=exp(w_out80$r[2,]),
        col="red",
        #pch=18,
        type = "l",
        log="xy",
        add = T
    )

legend("bottomleft", legend = c(1980, "Teorica"),
      col = c("black", "red"),
      lty = 1, bty = "n")

z75 = w_out75$wo_sorted[which(w_out75$wo_sorted>0)]
a75 = log(z75)
b75 = log(seq(from=1, to=length(z75), by=1)/length(z75))
r75 = ksr(a75, b75, 0, 0)
plot(x=exp(a75), y=exp(b75), col="black",
     #pch=1,
     type = "l",
     lty = 1,
     xlab = "Grados de produccion ponderardos de primer orden",
     ylab = "FDCA Empirica",
     log="xy"
)

```

```
matplot(x=exp(w_out75$r[1,]),
        y=exp(w_out75$r[2,]),
        col="red",
        #pch=18,
        type = "l",
        log="xy",
        add = T
)

legend("bottomleft", legend = c(1975, "Teorica"),
      col = c("black", "red"),
      lty = 1, bty = "n")
```

## A.10 Generación de resultados y gráficos del grado de producción de insumos

### ecuatorianos, de segundo orden

```
#####
# Grado de produccion de segundo
# orden Ecuador
## usa la funcion w_out_2ord
#####
cut_off=1
# Grado de produccion de segundo orden
# efecto de cascada
woout_2ord10 = w_out_2ord(CT10n,cut_off)
woout_2ord95 = w_out_2ord(CT95n,cut_off)
woout_2ord93 = w_out_2ord(CT93n,cut_off)
woout_2ord90 = w_out_2ord(CT90n,cut_off)
woout_2ord85 = w_out_2ord(CT85n,cut_off)
woout_2ord80 = w_out_2ord(CT80n,cut_off)
woout_2ord75 = w_out_2ord(CT75n,cut_off)

Datos_gp_2ord = c((woout_2ord10$cut),
                  (woout_2ord95$cut),
                  (woout_2ord93$cut),
                  (woout_2ord90$cut),
                  (woout_2ord85$cut),
                  (woout_2ord80$cut),
                  (woout_2ord75$cut))

# Grado de produccion de segundo orden
# ordenados de mayor a menor
sorted2_10 = woout_2ord10$wo2_sorted
sorted2_95 = woout_2ord95$wo2_sorted
sorted2_93 = woout_2ord93$wo2_sorted
sorted2_90 = woout_2ord90$wo2_sorted
sorted2_85 = woout_2ord85$wo2_sorted
sorted2_80 = woout_2ord80$wo2_sorted
sorted2_75 = woout_2ord75$wo2_sorted

sorted2_size10 = length(sorted2_10)
sorted2_size95 = length(sorted2_95)
sorted2_size93 = length(sorted2_93)
sorted2_size90 = length(sorted2_90)
sorted2_size85 = length(sorted2_85)
sorted2_size80 = length(sorted2_80)
sorted2_size75 = length(sorted2_75)

# Analisis de dispersion de datos
# usando diagrama de caja
boxplot(sorted2_75,
        sorted2_80,
        sorted2_85,
        sorted2_90,
        sorted2_93,
        sorted2_95,
        sorted2_10,
        col=c(2:8),
```

```

    main = "Diagrama de caja para cada periodo de estudio",
    ylab = "Grado de produccion ponderada de segundo orden",
    names = c("1975", "1980", "1985",
              "1990", "1993", "1995",
              "2010")
)

# Zeta techo y errores estandar segun modelo
# OLS de Gabaix-Ibraimov
b_wo_gi2_10 = abs(woout_2ord10$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_10 = abs(woout_2ord10$se_b_wo_gi2)
b_wo_gi2_95 = abs(woout_2ord95$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_95 = abs(woout_2ord95$se_b_wo_gi2)
b_wo_gi2_93 = abs(woout_2ord93$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_93 = abs(woout_2ord93$se_b_wo_gi2)
b_wo_gi2_90 = abs(woout_2ord90$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_90 = abs(woout_2ord90$se_b_wo_gi2)
b_wo_gi2_85 = abs(woout_2ord85$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_85 = abs(woout_2ord85$se_b_wo_gi2)
b_wo_gi2_80 = abs(woout_2ord80$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_80 = abs(woout_2ord80$se_b_wo_gi2)
b_wo_gi2_75 = abs(woout_2ord75$b_wo_gi2[3])
se_b_wo_gi2_75 = abs(woout_2ord75$se_b_wo_gi2)

#Analisis del valor-p del 100% de los datos
p10_2 = plpva(x=sorted2_10,xmin=min(sorted2_10))
p10_2$p
p10_2$gof
p95_2 = plpva(x=sorted2_95,xmin=min(sorted2_95))
p95_2$p
p95_2$gof
p93_2 = plpva(x=sorted2_93,xmin=min(sorted2_93))
p93_2$p
p93_2$gof
p90_2 = plpva(x=sorted2_90,xmin=min(sorted2_90))
p90_2$p
p90_2$gof
p85_2 = plpva(x=sorted2_85,xmin=min(sorted2_85))
p85_2$p
p85_2$gof
p80_2 = plpva(x=sorted2_80,xmin=min(sorted2_80))
p80_2$p
p80_2$gof
p75_2 = plpva(x=sorted2_75,xmin=min(sorted2_75))
p75_2$p
p75_2$gof

#Analisis del valor-p del 50% de los datos
p10_3 = plpva(x=sorted2_10,xmin=min(sorted2_10[1:33]))
p10_3$p
p10_3$gof
p95_3 =
plpva(x=sorted2_95,xmin=min(sorted2_95[1:length(sorted2_95)/2]))
p95_3$p
p95_3$gof

```

```

p93_3 =
plpva(x=sorted2_93,xmin=min(sorted2_93[1:length(sorted2_93)/2]))
p93_3$p
p93_3$gof
p90_3 =
plpva(x=sorted2_90,xmin=min(sorted2_90[1:length(sorted2_90)/2]))
p90_3$p
p90_3$gof
p85_3 =
plpva(x=sorted2_85,xmin=min(sorted2_85[1:length(sorted2_85)/2]))
p85_3$p
p85_3$gof
p80_3 =
plpva(x=sorted2_80,xmin=min(sorted2_80[1:length(sorted2_80)/2]))
p80_3$p
p80_3$gof
p75_3 =
plpva(x=sorted2_75,xmin=min(sorted2_75[1:length(sorted2_75)/2]))
p75_3$p
p75_3$gof

Periodo = c("2010","1995","1993",
            "1990","1985","1980","1975")
Zeta_coef = round(c(b_wo_gi2_10,b_wo_gi2_95,
                    b_wo_gi2_93,
                    b_wo_gi2_90,b_wo_gi2_85,
                    b_wo_gi2_80,b_wo_gi2_75),4)

Zeta_st_err = round(c(se_b_wo_gi2_10,se_b_wo_gi2_95,
                      se_b_wo_gi2_93,
                      se_b_wo_gi2_90,se_b_wo_gi2_85,
                      se_b_wo_gi2_80,se_b_wo_gi2_75),4)

valorp100_zeta = round(c(p10_2$p,
                          p95_2$p,
                          p93_2$p,
                          p90_2$p,
                          p85_2$p,
                          p80_2$p,
                          p75_2$p),4)

valorp50_zeta = round(c(pvalue10_3$p,
                        pvalue95_3$p,
                        pvalue93_3$p,
                        pvalue90_3$p,
                        pvalue85_3$p,
                        pvalue80_3$p,
                        pvalue75_3$p),4)

Zeta_summary_table = cbind(Periodo,
                            Zeta_coef,
                            Zeta_st_err,
                            Datos_gp_2ord,
                            valorp100_zeta)

Zeta_summary_table2 = cbind(Periodo,
                             Zeta_coef,

```

```

                                Zeta_st_err,
                                Datos_gp_2ord,
                                valorp50_zeta)

library(xtable)
zetas_ind = xtable(Zeta_summary_table,align=("c|c|c|c|c|c"))
print(zetas_ind,
      floating = F)

zetas_ind2 = xtable(Zeta_summary_table2,align=("c|c|c|c|c|c"))
print(zetas_ind2,
      floating = F)

## Graficos de densidad de Grados de produccion
## de segundo orden
dev.off()
library(grid)
par(mfrow=c(1,1))
par(bg = "white")

plot(xi_wo2, f_wo2, col = "blue",
      xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
      ylab = "Densidad Empirica",
      bty = "l",
      type = "l",
      lwd = 3
)
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright", legend = 2010,
      col = "blue",
      #pch = 1,
      bty = "n",
      lty = 1,
      lwd = 3
)

plot(woout_2ord95$xi_wo2, woout_2ord95$f_wo2, col = "gold",
      xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
      ylab = "Densidad Empirica",
      #add = T,
      #      pch = 20,
      bty = "l",
      type = "l",
      lwd = 3,
)
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright", legend = 1995,
      col = "gold",
      #pch = 1,
      bty = "n",
      lty = 1,
      lwd = 3
)

plot(woout_2ord93$xi_wo2, woout_2ord93$f_wo2, col = "green",
      xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
      ylab = "Densidad Empirica",

```

```

        #add=T,
        #           pch = 22,
        bty = "l",
        type = "l",
        lwd = 3,
    )
    grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
    legend("topright", legend = 1993,
          col = "green",
          #pch = 1,
          bty = "n",
          lty = 1,
          lwd = 3
    )
    plot(woout_2ord90$xi_wo2, woout_2ord90$f_wo2, col = "orange",
         xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
         ylab = "Densidad Empirica",
         #add=T,
         #           pch = 21,
         bty = "l",
         type = "l",
         lwd = 3,
    )
    grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
    legend("topright", legend = 1990,
          col = "orange",
          #pch = 1,
          bty = "n",
          lty = 1,
          lwd = 3
    )
    plot(woout_2ord85$xi_wo2, woout_2ord85$f_wo2, col = "magenta",
         xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
         ylab = "Densidad Empirica",
         #add=T,
         #           pch = 25,
         bty = "l",
         type = "l",
         lwd = 3,
    )
    grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
    legend("topright", legend = 1985,
          col = "magenta",
          #pch = 1,
          bty = "n",
          lty = 1,
          lwd = 3
    )
    plot(woout_2ord80$xi_wo2, woout_2ord80$f_wo2, col = "cyan",
         xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
         ylab = "Densidad Empirica",
         #add = T,
         #           pch = 23,
         bty = "l",
         type = "l",
         lwd = 3,
    )

```

```

grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright", legend = 1980,
      col = "cyan",
      #pch = 1,
      bty = "n",
      lty = 1,
      lwd = 3
)
plot(woout_2ord75$xi_wo2, woout_2ord75$f_wo2,
     col = "darkgreen",
     xlab = "Grados de produccion ponderardos de segundo orden",
     ylab = "Densidad Empirica",
     #pch = 18,
     bty = "l",
     type = "l",
     lwd = 3,
     #add = T
)
grid(col = "grey", lty = "dotted", lwd = 2)
legend("topright", legend = 1975,
      col = "darkgreen",
      #pch = 1,
      bty = "n",
      lty = 1,
      lwd = 3
)

# legend("topright",
#       legend = c(2010,1975,1993,1990,1985,1980,1995)
#       ,col = c("blue", "darkgreen", "green", "orange", "magenta",
#               "cyan", "black"),
#       lty = c(1,1,1,1,1,1,1),
#       lwd = c(1,1,1,1,1,1,1),
#       y.intersp = 1.2,
#       x.intersp = 0.9,
#       #pch = c(18,22,21,25,23,20),
#       bty = "n")

# Grafico de Grados de produccion ponderardos de
# segundo orden vs Funcion de distribucion
# contra acumulada empirica (FDCA)

# Periodo 2010
par(mfrow = c(1,2))
z = woout_2ord10$wo2_sorted[which(woout_2ord10$wo2_sorted>0)]
a = log(z)
b = log(seq(from=1,to=length(z),by=1)/length(z))
r = ksr(a,b,0,0)
plot(x=exp(a),y=exp(b),col="blue",
     #pch=1,
     xlab = "Grados de produccion ponderardos de segundo orden",
     ylab = "FDCA Empirica",
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     log="xy"
)

```

```

matplot(x=exp(woout_2ord10$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord10$r[2,]),type="l"
        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(2010,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

# grafico todos los periodos
z95 = sorted2_95[which(sorted2_95>0)]
a95 = log(z95)
b95 = log(seq(from=1,to=length(z95),by=1)/length(z95))
r = ksr(a95,b95,0,0)
plot(x=exp(a95),y=exp(b95),col="blue",
     #pch=1,
     xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
     ylab = "FDCA Empirica",
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     log="xy"
)
matplot(x=exp(woout_2ord95$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord95$r[2,]),type="l"
        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(1995,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

z93 = sorted2_93[which(sorted2_93>0)]
a93 = log(z93)
b93 = log(seq(from=1,to=length(z93),by=1)/length(z93))
r = ksr(a93,b93,0,0)
plot(x=exp(a93),y=exp(b93),col="blue",
     #pch=1,
     xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
     ylab = "FDCA Empirica",
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     log="xy"
)
matplot(x=exp(woout_2ord93$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord93$r[2,]),type="l"
        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(1993,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

z90 = sorted2_90[which(sorted2_90>0)]
a90 = log(z90)

```

```

b90 = log(seq(from=1,to=length(z90),by=1)/length(z90))
r = ksr(a90,b90,0,0)
plot(x=exp(a90),y=exp(b90),col="blue",
      #pch=1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      type = "l",
      lty = 1,
      lwd = 3,
      log="xy"
)
matplot(x=exp(woout_2ord90$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord90$r[2,]),type="l"
        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(1990,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

z85 = sorted2_85[which(sorted2_85>0)]
a85 = log(z85)
b85 = log(seq(from=1,to=length(z85),by=1)/length(z85))
r = ksr(a85,b85,0,0)
plot(x=exp(a85),y=exp(b85),col="blue",
      #pch=1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      type = "l",
      lty = 1,
      lwd = 3,
      log="xy"
)
matplot(x=exp(woout_2ord85$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord85$r[2,]),type="l"
        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(1985,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

z80 = sorted2_80[which(sorted2_80>0)]
a80 = log(z80)
b80 = log(seq(from=1,to=length(z80),by=1)/length(z80))
r = ksr(a80,b80,0,0)
plot(x=exp(a80),y=exp(b80),col="blue",
      #pch=1,
      xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
      ylab = "FDCA Empirica",
      type = "l",
      lty = 1,
      lwd = 3,
      log="xy"
)
matplot(x=exp(woout_2ord80$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord80$r[2,]),type="l"

```

```

        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(1980,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

z75 = sorted2_75[which(sorted2_75>0)]
a75 = log(z75)
b75 = log(seq(from=1,to=length(z75),by=1)/length(z75))
r = ksr(a75,b75,0,0)
plot(x=exp(a75),y=exp(b75),col="blue",
     #pch=1,
     xlab = "Grados de produccion ponderados de segundo orden",
     ylab = "FDCA Empirica",
     type = "l",
     lty = 1,
     lwd = 3,
     log="xy"
)
matplot(x=exp(woout_2ord75$r[1,]),
        y=exp(woout_2ord75$r[2,]),type="l"
        ,col="red",
        log="xy",
        add=T)
legend("bottomleft",legend = c(1975,"Teorica"),
      col = c("blue","red"),
      lty = 1, lwd = 3, bty = "n")

# Funcion para encontrar alpha
# que ajusta los datos a una
# ley de potencia y entrega
# prueba D de Kolmogorovo-Smirnov
# si es mayor que 0.1, alpha es
# significativo para una ley de potencia
MLE10 = plfit(na.omit(sorted2_10))
MLE95 = plfit(na.omit(sorted2_95))
MLE93 = plfit(na.omit(sorted2_93))
MLE90 = plfit(na.omit(sorted2_90), nosmall=TRUE)
MLE85 = plfit(na.omit(sorted2_85), nosmall=TRUE)
MLE80 = plfit(na.omit(sorted2_80), nosmall=TRUE)
MLE75 = plfit(na.omit(sorted2_75))

xmin_lord = round(c(MLE10$xmin,
                   MLE95$xmin,
                   MLE93$xmin,
                   MLE90$xmin,
                   MLE85$xmin,
                   MLE80$xmin,
                   MLE75$xmin),4)

alpha_lord = round(c(MLE10$alpha,
                    MLE95$alpha,
                    MLE93$alpha,
                    MLE90$alpha,
                    MLE85$alpha,
                    MLE80$alpha,

```

```

MLE75$alpha), 4)

pvalue10 = plpva(x=sorted2_10,xmin=MLE10$xmin)
pvalue10$p
pvalue10$gof==MLE10$D
pvalue95 = plpva(x=sorted2_95,xmin=MLE95$xmin)
pvalue95$p
pvalue95$gof==MLE95$D
pvalue93 = plpva(x=sorted2_93,xmin=MLE93$xmin)
pvalue93$p
pvalue93$gof==MLE93$D
pvalue90 = plpva(x=sorted2_90,xmin=MLE90$xmin)
pvalue90$p
pvalue90$gof==MLE90$D
pvalue85 = plpva(x=sorted2_85,xmin=MLE85$xmin)
pvalue85$p
pvalue85$gof==MLE85$D
pvalue80 = plpva(x=sorted2_80,xmin=MLE80$xmin)
pvalue80$p
pvalue80$gof==MLE80$D
pvalue75 = plpva(x=sorted2_75,xmin=MLE75$xmin)
pvalue75$p
pvalue75$gof==MLE75$D

sectores_xmin = c(length(which(sorted2_10>MLE10$xmin)),
                  length(which(sorted2_95>MLE95$xmin)),
                  length(which(sorted2_93>MLE93$xmin)),
                  length(which(sorted2_90>MLE90$xmin)),
                  length(which(sorted2_85>MLE85$xmin)),
                  length(which(sorted2_80>MLE80$xmin)),
                  length(which(sorted2_75>MLE75$xmin)))

EE_alpha1 = round(c((MLE10$alpha-
1)/length(which(sorted2_10>MLE10$xmin)),
                    (MLE95$alpha-
1)/length(which(sorted2_95>MLE95$xmin)),
                    (MLE93$alpha-
1)/length(which(sorted2_93>MLE93$xmin)),
                    (MLE90$alpha-
1)/length(which(sorted2_90>MLE90$xmin)),
                    (MLE85$alpha-
1)/length(which(sorted2_85>MLE85$xmin)),
                    (MLE80$alpha-
1)/length(which(sorted2_80>MLE80$xmin)),
                    (MLE75$alpha-
1)/length(which(sorted2_75>MLE75$xmin))), 4)

test_lord = round(c(pvalue10$p,
                    pvalue95$p,
                    pvalue93$p,
                    pvalue90$p,
                    pvalue85$p,
                    pvalue80$p,
                    pvalue75$p), 4)

Resumen_MLE2ord = cbind(Periodo,

```

```

        xmin_lord,
        sectores_xmin,
        alpha_lord,
        test_lord,
        EE_alpha1)

library(xtable)
MLE2ord_ind = xtable(Resumen_MLE2ord,align=("c|c|c|c|c|c|c"))
print(MLE2ord_ind,
      floating = F)

# matplot(x=sorted2_93,
#         y=seq(from=1,to=sorted2_size93,by=1)/sorted2_size93
#         ,col="magenta",log="xy", add=T,
#         type = "l"
#         )
# legend("bottomleft",legend = c(1995,"Teorica"),
#       col = c("blue","red"),
#       lty = 1, lwd = 3, bty = "n")
#
# matplot(x=sorted2_90,
#         y=seq(from=1,to=sorted2_size90,by=1)/sorted2_size90
#         ,col="green",log="xy", add=T,
#         pch = 21)
# matplot(x=sorted2_85,
#         y=seq(from=1,to=sorted2_size85,by=1)/sorted2_size85
#         ,col="red",log="xy", add=T,
#         pch = 25)
# matplot(x=sorted2_80,
#         y=seq(from=1,to=sorted2_size80,by=1)/sorted2_size80
#         ,col="yellow",log="xy", add=T,
#         pch = 23)
# matplot(x=sorted2_75,
#         y=seq(from=1,to=sorted2_size75,by=1)/sorted2_size75
#         ,col="brown",log="xy", add=T,
#         pch = 20)
# legend("bottomleft",
#       legend = c(1995,1994,1993,1990,1985,1980,1975)
#       ,col = c("black","blue","magenta","green",
#               "red","yellow","brown"),
#       y.intersp = 0.5,
#       x.intersp = 0.3,
#       pch = c(18,17,22,21,25,23,20), bty = "n")

```

## A.11 Generación de escenarios

```
#####
## Escenario en el que se quita
## a los sectores con mayor
## grado de produccion de primer
## orden y su impacto en los
## calculos realizados
#####

#####
# Periodo 2010

Mas1sd10 = length(which(wo10>mean_wo10+sd_wo10))
Mas10Q3 = length(which(wo10>Q10[4]))

sec_ret2 = as.matrix(sort(which(wo10>mean_wo10+sd_wo10),decreasing =
T))
sec_ret3 = as.matrix(sort(which(wo10>Q10[4]),decreasing = T))

size2 = max(dim(sec_ret2))
size3 = max(dim(sec_ret3))

W10_2 = MIP10
W10_3 = MIP10

for(i in 1:size2) {
  W10_2[sec_ret2[i,],] = 0
  W10_2[,sec_ret2[i,]] = 0
}

for(i in 1:size3) {
  W10_3[sec_ret3[i,],] = 0
  W10_3[,sec_ret3[i,]] = 0
}

C10n2 = normalizar(W10_2)
C10n3 = normalizar(W10_3)

wou10_2 = w_out(C10n2,pct_cut=1)
wou10_3 = w_out(C10n3,pct_cut=1)

nmle10_2 = plfit(na.omit(wou10_2$wo_sorted))
nmle10_3 = plfit(na.omit(wou10_3$wo_sorted))

nmle10_2$alpha
nmle10_3$alpha

pnv10_2 = plpva(x=wou10_2$wo_sorted,xmin=nmle10_2$xmin)
pnv10_3 = plpva(x=wou10_3$wo_sorted,xmin=nmle10_3$xmin)

pnv10_2$p
pnv10_3$p
```

```

pnv10_2$gof==nmle10_2$D
pnv10_3$gof==nmle10_3$D

n1 = norma2_vector(C10n2)
n2 = norma2_ecu(C10n2)
n3 = norma2_vector(C10n3)
n4 = norma2_ecu(C10n3)

#####
# Periodo 1995

Mas1sd95 = length(which(wo95>mean_wo95+sd_wo95))
Mas95Q3 = length(which(wo95>Q95[4]))

sec_ret2_95 = as.matrix(sort(which(wo95>mean_wo95+sd_wo95),decreasing
= T))
sec_ret3_95 = as.matrix(sort(which(wo95>Q95[4]),decreasing = T))

size2_95 = max(dim(sec_ret2_95))
size3_95 = max(dim(sec_ret3_95))

W95_2 = CT95
W95_3 = CT95

for(i in 1:size2_95) {
  W95_2[sec_ret2_95[i,],] = 0
  W95_2[,sec_ret2_95[i,]] = 0
}

for(i in 1:size3_95) {
  W95_3[sec_ret3_95[i,],] = 0
  W95_3[,sec_ret3_95[i,]] = 0
}

C95n2 = normalizar(W95_2)
C95n3 = normalizar(W95_3)

wou95_2 = w_out(C95n2,pct_cut=1)
wou95_3 = w_out(C95n3,pct_cut=1)

nmle95_2 = plfit(na.omit(wou95_2$wo_sorted))
nmle95_3 = plfit(na.omit(wou95_3$wo_sorted))

nmle95_2$alpha
nmle95_3$alpha

pnv95_2 = plpva(x=wou95_2$wo_sorted,xmin=nmle95_2$xmin)
pnv95_3 = plpva(x=wou95_3$wo_sorted,xmin=nmle95_3$xmin)

pnv95_2$p
pnv95_3$p

pnv95_2$gof==nmle95_2$D
pnv95_3$gof==nmle95_3$D

```

```

n1_95 = norma2_vector(C95n2)
n2_95 = norma2_ecu(C95n2)
n3_95 = norma2_vector(C95n3)
n4_95 = norma2_ecu(C95n3)

#####
Periodos = c("2010", "1995")
Sectores = c(size2, size2_95)
normal = c(n1, n1_95)
norma2 = c(n2, n2_95)
valorp = c(pnv10_2$p, pnv95_2$p)

desv = cbind(Sectores,
             round(normal, 4),
             round(norma2, 4),
             valorp)

library(xtable)
Res1 = xtable(desv, align = ("c|c|c|c|c"))
print(Res1, floating = F)

Sectores2 = c(size3, size3_95)
normal_2 = c(n3, n3_95)
norma2_2 = c(n4, n4_95)
valorp_2 = c(pnv10_3$p, pnv95_3$p)

desv2 = cbind(Sectores2,
              round(normal_2, 4),
              round(norma2_2, 4),
              valorp_2)

library(xtable)
Res2 = xtable(desv2, align = ("c|c|c|c|c"))
print(Res2, floating = F)

```