

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Economía

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Economista

“Modelo probabilístico de consistencia macroeconómica de los sectores económicos
del Ecuador en el período 2000-2019”

Nicole Weir

Director: Christian Albuja

Agosto 2024

1. Abstract

Este estudio propone analizar la consistencia macroeconómica de los diferentes sectores de las industrias del Ecuador durante el período 2000-2019 mediante la implementación de un modelo probabilístico de árbol con variables latentes. Los modelos tradicionales de previsión económica a menudo fallan en capturar las complejas interacciones entre múltiples variables económicas y factores no observables que influyen en la dinámica del mercado. Al incorporar variables latentes, este enfoque permite identificar patrones subyacentes y relaciones ocultas que afectan la estabilidad y el crecimiento económico de sectores clave como la agricultura, la industria y los servicios. El uso de un modelo de árbol probabilístico facilita la representación estructurada de estas dependencias, proporcionando una visión más completa y precisa de las interacciones económicas. Los resultados sugieren que este enfoque no solo mejora la precisión de las previsiones, sino que también ofrece información valiosa para la formulación de políticas económicas más efectivas y adaptativas, contribuyendo así a un desarrollo económico sostenible en el Ecuador.

Palabras clave: macroeconomía, redes bayesianas, modelos probabilísticos, previsiones.

2. Introducción

En el contexto ecuatoriano, se han desarrollado diversas propuestas para modelar la consistencia macroeconómica. En términos generales, dichos modelos buscan evaluar la coherencia macroeconómica del país a partir del sistema contable vigente, según los diferentes sectores económicos. Este artículo se estructura en tres secciones principales. En la primera, se presentará un análisis de los conceptos propuestos por distintos autores, así como las metodologías utilizadas para modelar la consistencia macroeconómica en Ecuador. La segunda sección se enfocará en el modelo propuesto, con un análisis detallado de la metodología aplicada. Finalmente, la tercera sección presentará los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas de este estudio

Por lo tanto, explora la interacción y consistencia de las diferentes industrias de los sectores económicos de Ecuador mediante un enfoque novedoso. Utilizando modelos probabilísticos de árbol con variables latentes, busca captar las complejas interacciones económicas que los modelos tradicionales no logran identificar. El estudio tiene como objetivo mejorar la precisión de las previsiones económicas, ofreciendo una herramienta más útil para la formulación de políticas. El análisis abarca datos desde el año 2000 hasta el 2019, período post-dolarización y pre-pandemia, y proporciona proyecciones sobre el comportamiento económico futuro de Ecuador, aportando una visión más precisa y estructurada sobre su estabilidad y crecimiento económico.

El modelo propuesto es comparado con otros enfoques anteriores y se evalúan sus ventajas, como la capacidad de incorporar efectos simultáneos y no lineales, ofreciendo así una mejora en la evaluación de la consistencia macroeconómica y su relación con las políticas públicas.

A pesar de que varios modelos de consistencia macroeconómica han sido aplicados en Ecuador, los enfoques probabilísticos no han sido los más utilizados. Se han implementado diversos modelos basados principalmente en la consistencia contable de las previsiones macroeconómicas, dejando de lado la probabilidad de ocurrencia de dichas previsiones.

Gachet et al. (2007): Este modelo propone una matriz de ingresos, gastos, ahorro y acumulación de activos y pasivos, basada en la matriz de Easterly (1989). Garantiza que la consistencia contable cumpla con las restricciones presupuestarias intra e intersectoriales, logrando estimaciones sobre la liquidez, los subsidios gubernamentales y las brechas económicas. No obstante, el modelo es limitado debido a su naturaleza contable, ya que no incorpora ecuaciones de comportamiento que permitan evaluar la causalidad entre las variables macroeconómicas.

Pérez y Samaniego (1997): Estos autores plantean la consistencia macroeconómica en Ecuador a través de un marco contable para la programación económica con dos restricciones: la contable y la causal. El modelo permite simular incrementos impositivos, pero no analiza las consecuencias distributivas ni los efectos sobre exportadores e importadores. Además, utiliza dos proyecciones basadas en una regla de cierre y dos escenarios de variables exógenas, ajustando la deuda interna, los bonos de estabilización monetaria y las deudas externa pública y privada.

Adriana Viteri (2011): Su modelo integra identidades contables con variables exógenas y aplica métodos descriptivos, matemáticos y econométricos. Permite evaluar cómo varían las variables dependientes bajo diferentes escenarios económicos, aunque carece de valor predictivo. El enfoque se basa en mantener el equilibrio de los sectores real,

externo y fiscal, y en asegurar que las relaciones entre variables guarden causalidad frente a choques en variables exógenas.

Fernández (2016): Propone un modelo probabilístico bayesiano, que introduce un nuevo enfoque para evaluar la probabilidad de ocurrencia de diversas proyecciones. Según Fernández, los modelos existentes en Ecuador tienden a ignorar los efectos simultáneos y no aditivos en los escenarios macroeconómicos, sugiriendo que es más útil trabajar con escenarios probabilísticos que con estimaciones puntuales para la formulación de políticas públicas.

En decir, los modelos aplicados en Ecuador han sido útiles para evaluar la consistencia contable y algunos aspectos específicos de la economía, pero no han logrado integrar adecuadamente las probabilidades de ocurrencia y la interacción simultánea de las variables macroeconómicas.

3. Revisión de Literatura

Uno de los principales conceptos que se debe entender es el de consistencia macroeconómica. En el año 1989 William Easterly afirmó que consistencia macroeconómica es: “Considerada como un duende que los macroeconomistas no pueden evitar. Consistencia Macroeconómica es el requerimiento donde la restricción presupuestaria debe ser observada. La restricción presupuestaria no determina únicamente un particular resultado (outcomes) económico, sino varios posibles resultados (outcomes) cuando se tiene una noción razonable de comportamiento” ... El marco de referencia de consistencia de Easterly para el análisis macroeconómica incluye cinco cuentas, en precios actuales: gobierno, sistema monetario no financiero, sector

privado, balanza de pagos y cuentas nacionales. Easterly presenta esto como cuentas individuales, y después integra estas variables mediante una matriz de gastos, ingresos, ahorros y activos y pasivos acumulados.

En este contexto es necesario entender cómo funcionan los países en desarrollo y los modelos que tienen, y poder diferenciarlos con los países desarrollados. El documento "Macroeconomics in Developing Countries" de Deepak Nayyar (2007) explora las diferencias clave entre las economías desarrolladas y las economías en desarrollo, analizando cómo estas diferencias afectan la teoría y las políticas macroeconómicas. Nayyar argumenta que la macroeconomía fue desarrollada principalmente para países industrializados, donde las políticas monetarias y fiscales buscan controlar la inflación, estabilizar la economía y alcanzar el pleno empleo. Sin embargo, cuando se aplica esta teoría a los países en desarrollo sin modificaciones significativas, a menudo no es adecuada ni relevante.

El ensayo describe las variaciones en los entornos institucionales y las características estructurales entre las economías industrializadas y en desarrollo. Explica que, aunque los fundamentos macroeconómicos son los mismos, el contexto institucional y las características estructurales como el subempleo, la dualidad entre sectores agrícolas e industriales, y los mercados financieros subdesarrollados, requieren un enfoque adaptado.

El documento también aborda temas como las diferencias en los objetivos macroeconómicos, los condicionantes estructurales que limitan la capacidad de respuesta de las políticas económicas y la forma en que se ajustan las economías en

desarrollo. El autor concluye que los modelos macroeconómicos deben ajustarse a las realidades de los países en desarrollo para ser efectivos.

A lo largo del tiempo esta noción de consistencia macroeconómica empezó a tener más importancia y se dieron nuevos conceptos más sintetizados como el adoptado por Guzmán, Sánchez (2003) donde afirman que: “El Modelo de Consistencia Macroeconómica real–financiero busca elaborar con base en información completa y expresada en un año base, proyecciones de las principales variables macroeconómicas que cumplan los requisitos de consistencia contable”. Es decir, hace un análisis profundo a nivel de cada sector de la economía, para llegar a inferencias estadísticas y econométricas de importancia y ajuste a nivel de país en el largo plazo.

Por otra parte, el concepto de modelos probabilísticos es de importancia y se profundizará su implementación a lo largo del trabajo y principalmente en la metodología.

Los análisis de consistencia macroeconómica tienen un fondo contable, para esto se analiza de acuerdo a los sectores de la economía: sector real, sector externo, sector financiero, sector fiscal. Dentro de un contexto contable la consistencia macroeconómica nos ayuda hacer proyecciones e inferencias con restricciones presupuestarias y tener efectos sobre variables macroeconómicas bastantes importantes como gasto, inversiones financiamiento etc.

En el trabajo realizado por Guzmán y Sánchez (2003) sobre el modelo de Consistencia Macroeconómica, ellos proponen un modelo dividido en dos partes. En la primera parte especifican identidades contables del sector real, sector externo, balance fiscal SPNF y

sector monetario y en la segunda parte la obtención de un equilibrio macroeconómico del sector privado, sector público y balance externo. Donde llegan a la conclusión que: “Este modelo es la base de registro de transacciones de las macroeconómicas como la balanza de pagos, estadísticas fiscales y monetarias, donde se contabilizan las transacciones reales y financieras de la economía, sin embargo, el momento de registro de estas cuentas no es el mismo”, y que para hacer coherente el modelo los flujos reales y financieros, cuenta con variables endógenas residuales para que aseguren el cumplimiento de las variables contables.

En el caso del Ecuador, los análisis sobre consistencia macroeconómica, parten del país como una economía dolarizada. Un estudio hecho por Gachet et al. (2007) busca: presentar de manera detallada el comportamiento del flujo económico y las relaciones transaccionales entre agentes para el caso de la economía ecuatoriana tomando como base el sector público no financiero. De esta manera al segmentar por sectores realiza “Una matriz ecuatoriana de consistencia macroeconómica”, representada por cuatro cuadrantes: el primero: la cuenta corriente, el segundo flujos que forman parte de la cuenta de capital de cada sector, tercer cuadrante ahorro desagregado por sector, y el cuarto la variación de los préstamos netos y los activos netos de cada sector, que fue resuelto mediante un proceso estadístico. El cual concluye que:

Si bien el modelo de consistencia desarrollado en este documento garantiza un equilibrio entre las estadísticas provenientes de los distintos sectores de la economía ecuatoriana, y a partir de ello se obtiene una estimación de la liquidez, los subsidios del gobierno, y las brechas de la economía ecuatoriana; la naturaleza contable de este modelo se constituye en un limitante para evaluación de políticas ya que no incorpora

ecuaciones de comportamiento que permitan medir la causalidad entre las distintas variables macroeconómicas. Para ello, es importante volver a insistir en la necesidad de realizar un estudio profundo sobre los hechos estilizados de la economía ecuatoriana (p.35)

Por otra parte, en el trabajo de Pérez y Samaniego (1997) de modelos de consistencia macroeconómica para la economía ecuatoriana se “desarrolla un proyecto cuyo objetivo fue construir un modelo de consistencia económica aplicado a las necesidades de la programación económica”. En este trabajo lo que demuestra es que “el modelo garantiza que las proyecciones guarden consistencia económica; esto se debe a que año a año se reproducen las igualdades contables dentro de cada sector institucional y entre ellos y, como corolario, el equilibrio macroeconómico ahorro-inversión”

Finalmente, lo más actual que se tiene acerca de consistencia macroeconómica, es el trabajo de Fernández (2016), donde realiza un análisis de consistencia macroeconómica con un enfoque probabilístico basado en los modelos de árbol con variables latentes. Para esto se utiliza un modelo con tres etapas. La primera se estructura una serie de datos con la historia más larga posible de los principales agregados macroeconómicos y sus relaciones de consistencia desde un enfoque contable. En una segunda etapa, se realiza el aprendizaje del modelo gráfico utilizando datos económicos históricos del Ecuador. Finalmente, se realiza la inferencia del modelo gráfico propuesto (árbol con variables latentes), utilizando para esto una derivación del algoritmo “belief propagation”

Lo cual define como:

Específicamente un modelo de árbol con variables latentes. es un modelo probabilístico gráfico con estructura de árbol (grafo en el que cualquier par de nodos está conectado exactamente por un único camino) en el que los nodos terminales representan a variables observables, mientras que los nodos internos pueden ser variables latentes o no observables (p.15)

Para lo que concluye que: “Esta investigación ha puesto de manifiesto una nueva forma de abordar el siempre presente problema de la endogeneidad en los datos económicos, principalmente, pero también de sistemas vinculados a muchas otras áreas de conocimiento. La herramienta propuesta no solamente permite “comprobar” de algún modo esta endogeneidad a la luz de los propios datos, sino que también permite observar este fenómeno dentro de todo el sistema”

Como se ha visto, existen algunas investigaciones sobre consistencia macroeconómica y con el paso del tiempo se valoran nuevas formas de obtener predicciones más precisas, con métodos más complejos y exactos, que aporten al buen funcionamiento macroeconómico del país. La mayoría de dichos modelos lo que pretenden es modelar en su contexto la consistencia de macroeconómica del país en su totalidad, pero no con un enfoque probabilístico que parte de dicha consistencia que ya cuenta el país.

4. Metodología y Datos

a. Fuentes de datos y descripción de las variables principales

Este es un análisis de Ecuador en el período: 2000 al 2019. Toda la construcción de bases y datos se ha hecho de acuerdo a la información histórica del Banco Central. Específicamente del apartado de Cuentas Nacionales Trimestrales-VAB Trimestral por Industria.

Para poder realizar el modelo que se pretende profundizar en este documento, se decidió dividir las variables en cuatro grupos. Como primer grupo: todas las variables más importantes de la Economía de Ecuador del período en mención, es decir, las variables macroeconómicas agregadas y los otros tres grupos: los 3 sectores de industrias de Ecuador. El análisis se realizará con tasas trimestrales por año para poder ver variaciones (Anexo1).

Dividiéndose de la siguiente forma:

1. Variables agregadas:

- Ingresos petroleros (IngPet)
- Ingresos tributarios por impuesto a la renta (Irent)
- Ingresos tributarios por IVA (iva)
- Gastos corrientes en sueldos y salarios (gcsys)
- Gastos corrientes en compra de bienes y servicios (gcbys)
- Gasto de Capital (gc)
- IDEAC (ideac)
- IPC (ipc)

- Salario real (Ingreal)
- Desempleo (Desemp)
- Tipo de cambio efectivo real (Tcer)
- PIB (Pib)
- Exportaciones (X)
- Importaciones (M)
- Consumo de los hogares (Ch)
- Consumo del gobierno (Cg)
- Inversión (Inv)
- Valor Agregado Petrolero (Vap)
- Valor Agregado no Petrolero (Vanp)
- Otros elementos del PIB

2. Sector 1:

- Agricultura (Ag)
- Acuicultura y pesca de camarón (Acui)
- Pesca excepto camarón (Pesca.nc)
- Petróleo y minas (PYM)
- Refinación de petróleo (RP)

3. Sector 2:

- Manufactura excepto refinación de petróleo (MERP)
- Suministro de agua y electricidad (SDE)
- Construcción (Cons)

4. Sector 3:

- Comercio (Comex)
- Alojamiento y servicio de comida (AsC)
- Transporte (Trans)
- Correo y comunicaciones (CYC)
- Actividades de servicios financieros (AySFINAN)
- Actividades profesionales y técnicas administrativas (Act.Adm)
- Enseñanzas Servicios sociales y de salud (Serv.soc)
- Administración pública, defensa y planes de seguridad social técnica obligatoria (Adm.pucyss)
- Servicios domésticos. (SD)

b. Análisis estadístico descriptivo de variables

El período de análisis es del 2000 al 2019, se escogió este período de tiempo por dos razones la primera es poder hacer un análisis en dólares es decir post dolarización, y segundo tener resultados pre pandemia, ya que la pandemia fue un fuerte shock que recién cuatro años después podríamos hacer un análisis de los impactos de la misma.

Para la construcción de la base de datos, se comenzó con la extracción de información bruta de los valores en miles de dólares de cada una de las variables en la página del Banco Central (trimestral). Como antes mencionado con estos valores se procedió al cálculo de las tasas de variación trimestral por variables, con la siguiente fórmula .

$$X_t / (X_{t-1}) - 1$$

Con el cálculo de las tasas finalizado se formó cuatro grupos de bases, y después con las bases se procedió a correr el modelo en el software R, generando

los grafos con las relaciones. Después de varias pruebas y ver que probabilidad nos generaba las mejores relaciones de los grafos, se estableció que sería al 50% de probabilidad.

c. Modelo conceptual.

Existe un grupo de modelos estadísticos llamados modelos de variables latentes (LTM), los cuales permiten relacionar un conjunto de variables observables con un conjunto de variables latentes. Las variables latentes explican la relación de dependencia estadística entre variables observables, permitiendo así modelar de manera compacta y eficiente. Por lo tanto, un LTM “es un modelo probabilístico gráfico con estructura de árbol (grafo en el que cualquier par de nodos está conectado exactamente por un único camino) en el que los nodos terminales representan a variables observables, mientras que los nodos internos pueden ser variables latentes u observables (Mourad, Sinoquet, Zhang, Liu y Leray 2013).

Dentro de estos modelos los más representativos son las Redes Bayesianas y los Campos aleatorios de Markov:

Redes bayesianas

Una red Bayesiana es un grafo dirigido (aristas con dirección) acíclico (para ningún nodo existe una secuencia de aristas que comience y termine de él) los nodos pueden ser variables aleatorias continuas, discretas, observables o no observables. Las aristas reflejan la relación de dependencia entre una variable y otras. Es decir, este modelo lo que pretende es estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas en base de las variables conocidas. Además, pueden dar información interesante en cuanto a

cómo se relacionan las variables de dominio, las cuales pueden ser interpretadas en ocasiones como relaciones de causa-efecto (Fernandez,2015).

Para poder entender mejor (Lauritzen y Spiegelhalter 1988) plantea un **EJEMPLO** didáctico:

Supóngase que se desea construir una máquina que devuelva diagnósticos automáticamente para cada paciente, dada una serie de síntomas y resultados de exámenes médicos. Con esta información, se desea inferir la posibilidad de que una o varias enfermedades dadas sean las causantes de estos síntomas y resultados de exámenes médicos. Se supone conocida una estructura de relaciones probabilísticas entre los diferentes síntomas, exámenes médicos y enfermedades que, sin pérdida de generalidad, puede ser construida en base al criterio de experto (en este caso médico). Para el desarrollo del ejemplo, se definen las siguientes variables:

A: Haber viajado recientemente a Asia

T: Tener tuberculosis

F: Tener el hábito de fumar

C: Tener cáncer de pulmón

B: Tener bronquitis

E: Tener alguna de las dos enfermedades: tuberculosis o cáncer de pulmón

X: Obtener un resultado positivo respecto mediante un examen de rayos X

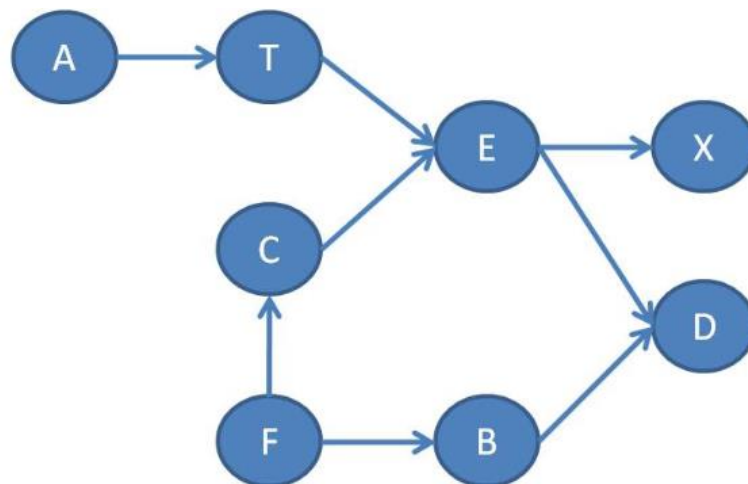
D: Tener disnea (falta de aire)

Además, se necesitan los lineamientos provenientes del criterio de experto para definir la estructura de relaciones probabilísticas entre las variables:

A aumenta la probabilidad de T.

F es un factor de riesgo para C y B.

E puede ser detectado a través de X (no se puede distinguir de cuál de las dos enfermedades se trata).



Fuente y elaboración: Fernandez,2015

Interpretación: Para cada una de las variables consideradas en el ejemplo (listadas en letras mayúsculas) se definen, en letras, las variables asociadas que representan el estado de cada una de ellas. Para este ejemplo se asume que cada variable puede

estar en un número finito de estados. Así, por ejemplo, a representa el estado de la variable A , es decir, a indica si el paciente ha viajado a o no recientemente a Asia. Es

la misma lógica se aplica para el resto de variables. Como se dijo en la introducción, del grafo se pueden extraer las relaciones de probabilidad condicional asociadas a cada arista. Por ejemplo, $P(t|a)$ representa la probabilidad condicional de que un paciente tenga tuberculosis, dado que se conoce si ha viajado o no a Asia recientemente. En este caso se dice que A es un nodo padre de T . Los nodos de un grafo pueden tener varios nodos padres. El nodo B , por ejemplo, tiene dos nodos padre: E y B . Entonces, la probabilidad condicional de tener disnea se escribiría como $P(d|e, b)$.

Con este ejemplo se pueden sacar algunas conclusiones la primera es que la probabilidad de que la variable asociada a un nodo se encuentre en un estado dado dependen únicamente del estado de las variables que se encuentran en sus nodos padres y otra propiedad es la independencia condicional, es decir:

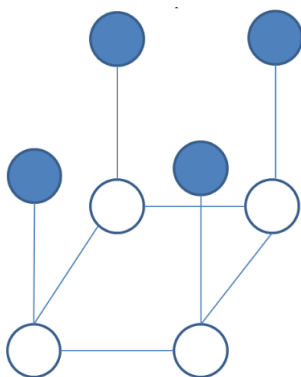
$$P(b, c|f) = P(b|f) P(c|f)$$

Es decir, la probabilidad de tener cáncer de pulmón (C) no se ve afectada por el hecho de tener o no bronquitis (B), dado que se conoce si el paciente tiene o no el hábito de fumar (F), y viceversa.

Campos aleatorios de Markov:

Las redes bayesianas y los campos aleatorios de Markov (MRF, por sus siglas en inglés) son dos modelos gráficos probabilísticos que se utilizan para representar dependencias condicionales entre variables.

Son grafos no dirigidos, a diferencia de las redes bayesianas las variables aleatorias representadas en los nodos poseen la propiedad Markoviana, es decir, puede representar dependencias cíclicas, pero no dependencias inducidas. Las aristas no tienen dirección y representan relaciones de interacción o correlación, no causalidad. Las dependencias condicionales se modelan directamente en términos de independencias condicionales. (Si un nodo hijo es observado y tiene múltiples nodos padre, en una red bayesiana la información puede fluir entre dichos nodos padre, en cambio, en un campo aleatorio de Markov ese flujo de información no puede darse) (Fernandez, 2015).



Fuente y elaboración: Fernandez,2015

Un **campo aleatorio de Markov (MRF)** es un modelo probabilístico que representa un conjunto de variables aleatorias en un grafo no dirigido, donde la probabilidad de cada variable depende solo de sus vecinos en el grafo. Los MRF son utilizados en una variedad de aplicaciones, desde el procesamiento de imágenes hasta la modelización de redes sociales y sistemas físicos. En un MRF, la estructura de las dependencias no es lineal (como en una cadena), sino que está organizada en un grafo, lo que permite modelar relaciones más complejas.

Propiedad de Markov

La propiedad de Markov en un MRF se puede expresar como:

$$P(X_i | X_{-i}) = P(X_i | \text{vecinos de } X_i)$$

Donde:

- $P(X_i | X_{-i})$ es la probabilidad condicional de X_i dado todas las demás variables X_{-i} .
- La propiedad de Markov implica que X_i es independiente de todas las demás variables X_{-i} , excepto de sus vecinos inmediatos en el grafo.

La estructura de un modelo de árbol con variables latentes es de forma jerárquica, tiene 3 partes: los nodos latentes, nodos observables y las ramas.

Nodos latentes:

- Nodos internos: Son variables ubicadas en la parte superior y son no observadas directamente pero que influyen en variables observadas
- Nodos Latentes: Explican las correlaciones entre variables observadas

Nodos Observados:

- Nodos hoja: Ubicados en la parte inferior del árbol representan las variables observadas
- Variables observadas: Datos que se miden y observan directamente

Ramas:

Las ramas conectan los nodos internos con otros nodos internos o nodos hoja representando la dependencia de las variables y estas ramas vienen ligadas a una probabilidad.

Por lo general este tipo de modelos se utiliza para poder inferir valores de variables latentes o hacer predicciones sobre nuevas observaciones basándose en la estructural del árbol o la relación entre variables.

d. Modelo de estimación cuantitativa.

Para la construcción de este modelo el primer paso fue la construcción de las bases de datos. La información viene del Banco Central, la mayoría de las variables se descargó directamente de esta página, pero en otros casos fue necesario la construcción de los trimestres. Como habíamos mencionado tenemos un conjunto de cuatro bases de datos, en la primera tenemos las variables macroeconómicas del Ecuador, y las otras tres son de las industrias de los 3 sectores del Ecuador, todo en miles de dólares (Anexo2).

La obtención de datos de los tres sectores económicos de Ecuador fue sencilla, dado que el Banco Central del Ecuador proporciona la información de manera directa y organizada por trimestres en su portal. Pero para la base de datos de las variables macroeconómicas, se tuvo que hacer la construcción de algunas variables ya que la página del Banco Central la tiene de manera mensual o anual, pero no trimestral. En el caso de variables como el Índice de precio del consumidor (IPC) la información fue

extraída del INEC. Una vez recolectada toda la información trimestral de las variables se procedió a la construcción de las tasas de variación (Anexo 3).

Con la base depurada se procedió a correr el modelo. Para este paso fue necesario la utilización de un software de modelamiento en este caso “RStudio” (Anexo 4). Este modelo tiene como objetivo realizar predicciones basadas en el comportamiento de las variables (por lo que es importante contar con la base de datos más extensa posible). A través de las relaciones obtenidas en los grafos y en un contexto económico, busca crear políticas públicas más efectivas que favorezcan a diversas industrias.

Para la modelización utilizamos R, el paquete “BDgraph”. La función de este paquete en R son algunas entre estas:

- Estimación de redes gaussianas (grafos no dirigidos)
- Inferencia Bayesiana
- Análisis de Datos de alta dimensionalidad
- Modelación de datos binarios

Entonces iniciamos instalando las librerías “BDgraph” y “openxlsx” para poder abrir el Excel en RStudio y poder importar las bases (Código 1).

Código 1

```
install.packages("BDgraph")
library(BDgraph)
library(openxlsx)

#####Importar bases
getwd
setwd("C:/Users/Nicole/OneDrive/PUCE/Tesis/Códigos y Bases/Bases")

data<-read.xlsx("Base FINAL..xlsx",sheet = 1)
```

Elaboración: RStudio

Posterior a esto se hace un data.frame (en este caso al data.frame le damos el nombre de DF), esta función es necesaria para que R pueda identificar el conjunto de datos de la columnas y filas. Cada columna puede contener un tipo de datos diferente (numérico, factor, carácter, etc.), y cada fila representa una observación o un caso. Para esta base de datos solamente es necesario R elimine la primera columna ya que es solo informativa (código 2).

Código 2

```
#Data Frame  
DF<-data.frame(data)  
DF=DF[, -1]
```

Elaboración: RStudio

A continuación (código 3), procedemos con la creación del grafo. Entonces utilizamos el comando `bdgraph` y colocamos las especificaciones que necesitamos para este modelo.

A la línea del comando le damos un nombre, en este caso *“bdgraph.obj”*, aplicamos el comando `bdgraph` y le decimos que nos tome los datos del data.frame (“DF”) que creamos. En esta función debemos poner:

- El “method” especifica el método que se utilizará para la estimación de la estructura de la red, en este caso va a ser “gpgm”¹. El “gpgm” es exclusivo para datos mixtos que tengan variables continuas como discretas, en especial

GPGM¹: “La opción “gpgm” es para modelos gráficos de cópula gaussiana de datos que no siguen el supuesto de gaussianidad (por ejemplo, conjuntos de datos continuos no gaussianos, de conteo o mixtos)”.

cuando no todas las variables se ajustan a distribución normal, pero se desea modelar las dependencias entre ellas de manera flexible.

- El “algorithm” es un método eficiente para la exploración del espacio de grafos y es útil en la estimación bayesiana de estructuras de redes, en este caso utilizamos el “bdmcmc”² quiere decir “nacimiento-muerte” proviene de la idea de que los bordes (enlaces) en el grafo pueden nacer (añadirse) o morir (eliminarse) durante el proceso de simulación, con esto el algoritmo decide si debe añadir o eliminar un borde existente, basándose en las probabilidades calculadas a partir de la distribución de un objeto. En un marco bayesiano, lo que significa que incorpora información a priori y utiliza la distribución a posteriori para hacer inferencias sobre la estructura del grafo.

- El “iter” controla el número de iteraciones que va a tener el grafo. Las iteraciones permiten una exploración más exhaustiva del espacio de grafos posibles, aumentando la probabilidad de encontrar la estructura de red verdadera y mejorar la precisión, en este caso ponemos 1000. Hay que tener en cuenta que para problemas más complejos sería mejor aumentar el número de iteraciones para que el modelo pueda ser más preciso.

- El comando “g.prior”³ hace referencia a la especificación de la distribución a priori sobre la estructura del grafo. En un análisis bayesiano, las distribuciones a priori reflejan nuestras creencias iniciales sobre los parámetros antes de observar los datos. En este caso establece prior = 0.5 indica que antes de observar los datos se cree que cada arista tiene una probabilidad del 50% de estar presente en el grafo.

BDMCMC²: “La opción “bdmcmc” se basa en el algoritmo MCMC de nacimiento y muerte”.

g. prior³: “Para determinar la distribución previa de cada borde en el gráfico. Hay dos opciones: un valor único entre 0 y 1 (por ejemplo, 0,5 como prior no informativo) o una matriz ($p \times p$) con elementos entre 0 y 1”.

- El comando “plinks” en la función bdgraph permite obtener y visualizar las probabilidades a posteriori de las aristas en el grafo estimado, proporcionando una medida cuantitativa de la certeza sobre la presencia de cada arista. Esta información es crucial para interpretar y tomar decisiones basadas en los resultados del análisis bayesiano de redes.

Finalmente, después configurar el modelo procedemos a graficarlo con el comando “plot. bdgraph”⁴.

Código 3

```
bdgraph.obj <- bdgraph( DF, method = "gcm", algorithm = "bdmcmc", iter = 1000, g.prior = 0.5)
plinks(bdgraph.obj, round = 2)
graph2=select(bdgraph.obj)
#plot(graph2)
#class(graph2)
#par(mfrow=c(1,1))
plot.bdgraph(graph2)
```

Elaboración: RStudio

Como antes mencionamos este modelo no es específico, sino que va cambiando de acuerdo a las necesidades. Mientras más larga sea la base de datos y más complejo sea lo que queremos modelar y la inferencia a la que queremos llegar se van integrando más parámetros y categorías.

5. Resultados

a. Resultados del modelo

Es importante una aclaración antes de empezar la interpretación de los grafos: Cuando algunos nodos quedan fuera del árbol de decisión, es una indicación de que el modelo ha sido simplificado para evitar el sobreajuste y que las variables correspondientes a esos nodos no aportan suficiente información adicional. Esto puede ser resultado de la poda

Plot. Bdgraph⁴: “Comando para graficar grafos”.

del árbol (previa o posterior) o de la selección de variables durante la construcción del árbol. Este proceso ayuda a mantener el modelo interpretable y generalizable a nuevos datos. Entre las principales razones están:

- Pre: Limitar la profundidad del árbol para evitar que se vuelva demasiado complejo.
- Post: Evaluar el rendimiento del árbol en un conjunto de validación y podar nodos que no mejoran significativamente el rendimiento.
- Durante la construcción del árbol, se seleccionan las variables que mejor dividen los datos en cada nodo, según alguna métrica de importancia (por ejemplo, reducción de la entropía⁵ o del Gini⁶). Las variables que no cumplen con este criterio de importancia quedan fuera del árbol.

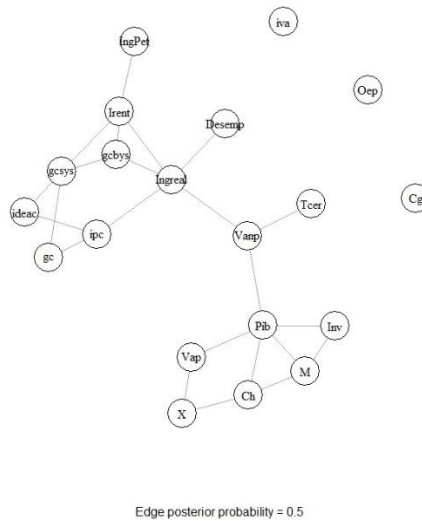
A continuación, los resultados de los grafos del modelo:

El primer grafo fue el de las variables agregadas, se corrió el modelo con las especificaciones anteriores con probabilidad al 50%:

Entropía en economía⁵: “Aunque tiene diferentes interpretaciones según la disciplina, se puede interpretar en términos de costo beneficio. Transmitir, recibir y entender textos o mensajes requiere un esfuerzo que se justifica si el beneficio esperado es superior al costo. El beneficio depende del nivel de información contenido en el mensaje y este, a su vez, se relaciona con el grado de sorpresa del mensaje transmitido. Cuanto más baja es la probabilidad de ocurrencia del evento comunicado, mayor es su contenido de información, y viceversa; de modo que existe una relación inversa entre probabilidad e información. Esta relación probabilística tiene muchas aplicaciones. En economía, por ejemplo, para modelar el desarrollo y sus limitaciones; en econometría, para diseñar índices y métodos de estimación, y en el campo financiero, para explicar el comportamiento de los mercados bursátiles”.

Gini⁶: “Índice de desigualdad”.

Gráfico 1



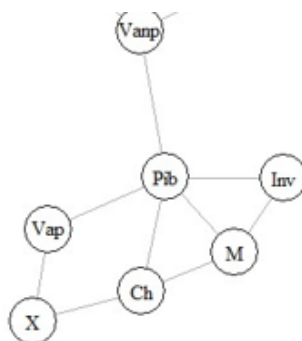
Elaboración: RStudio

En este primer grafo como podemos observar tenemos algunas relaciones. Las primeras relaciones significativas son la del PIB con Valor Agregado Petrolero, Valor agregado no petrolero, Exportaciones, Consumo de los hogares, Importaciones, Inversión. Esta relación es súper clara dado que la fórmula tradicional del PIB es:

$$PIB= C+I+ G + (X - M)$$

Como sabemos el PIB tiene 3 enfoques: de la producción, del ingreso y del gasto como esta expresado en la formula anterior.

Gráfico 1.1



Elaboración: RStudio

Las importaciones son los bienes y servicios que ingresan al país, A pesar de Ecuador ser un país en vías de desarrollo, ha logrado ser el foco de inversión para varias industrias del mundo. Si un país importa maquinaria para construir una fábrica, inicialmente, las importaciones reducirán el PIB. Sin embargo, esta inversión puede aumentar la capacidad productiva del país, incrementando la producción futura, y por ende, el PIB a largo plazo.

Aunque las importaciones se restan del PIB, pueden incluir bienes de capital que son fundamentales para la inversión. Por ejemplo, un país puede importar maquinaria que se utiliza para construir fábricas. Según Dornbusch, Fischer y Startz (2013), "las importaciones de bienes de capital pueden aumentar la capacidad productiva y, por ende, el crecimiento económico futuro".

- Las inversiones son un componente clave del PIB. Incluyen gastos en bienes de capital, infraestructura y cambios en inventarios. Según Blanchard (2017), "las inversiones no solo incrementan la demanda agregada en el corto

plazo, sino que también aumentan la capacidad productiva de la economía a largo plazo.

- La relación con de las importaciones con el consumo es directa. Según Mankiw (2014), "cuando los residentes de un país compran bienes y servicios producidos en otros países, esto se registra como importaciones, las cuales son parte del gasto de consumo" Adicional la relación directa que tiene con el PIB, ya que forma parte de su fórmula.

Una vez analizadas las principales variables que componen el PIB, vemos una arista de conexión entre los siguientes nodos⁷ PIB, exportaciones y valor agregado petrolero. Las exportaciones representan la demanda de bienes y servicios de un país por parte de otros países. Según Krugman y Obstfeld (2009), "las exportaciones incrementan la demanda de bienes producidos domésticamente, lo cual puede aumentar la producción y, por ende, el ingreso nacional".

- El valor agregado en el sector petrolero se refiere al valor adicional creado en la cadena de producción del petróleo, desde la extracción hasta el procesamiento y la venta. Según el Banco Mundial (2021), "el valor agregado petrolero es una medida importante en las economías dependientes del petróleo, ya que representa una gran parte de su PIB y exportaciones"

- Ecuador es un país que su principal fuente de ingreso es el petróleo, por lo tanto, tiene relación directa con valor agregado petrolero. Como dice Blanchard (2017), "las exportaciones de recursos naturales, como el petróleo, pueden tener

Nodo⁷: "También llamado vértice o punto de conexión".

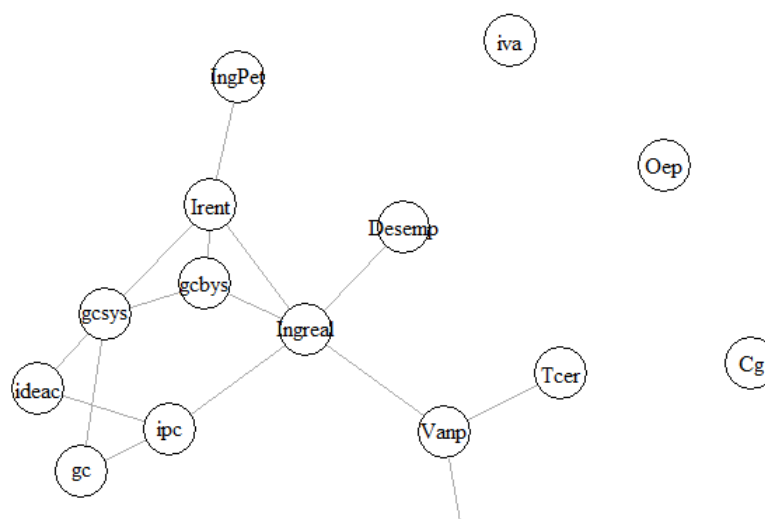
un impacto considerable en el PIB de los países exportadores, afectando tanto el crecimiento económico como la estabilidad macroeconómica".

- Las exportaciones pueden aumentar el ingreso disponible y el consumo doméstico, mientras que el valor agregado en el sector petrolero es crucial para el PIB de las economías dependientes del petróleo. Estas relaciones son fundamentales para entender cómo las economías exportadoras de petróleo pueden manejar sus ingresos y el impacto de las exportaciones en su crecimiento económico.

Por otra parte, tenemos que para conectar todas estas variables macroeconómicas con las industrias a analizar el medio de enlace es el valor agregado no petrolero. El valor agregado no petrolero en Ecuador se puede analizar a través de cómo han contribuido diversos sectores no petroleros al crecimiento de la economía del país, así como los esfuerzos del gobierno para diversificar la economía y reducir la dependencia del petróleo.

Según el Banco Central dentro del periodo de análisis (BCE), "el sector petrolero ha representado una porción significativa del PIB y de las exportaciones del país, pero ha habido un crecimiento notable en sectores no petroleros" de igual manera, "el valor agregado no petrolero ha crecido a una tasa promedio del 3.5% anual entre 2000 y 2019, impulsado por el desarrollo en la agricultura, manufactura y servicios".

Gráfico 1.2



Elaboración: RStudio

La primera relación que tenemos a partir del VANP es con el tipo de cambio efectivo real, hablar de este tema es complejo ya que Ecuador es un país sin autonomía monetaria, aun así, ambos indicadores afectan a la competitividad, el comercio y estabilidad de un país. Según Krugman y Obstfeld (2009), "una devaluación real de la moneda puede mejorar la competitividad internacional de los sectores no petroleros, promoviendo un aumento en las exportaciones y el crecimiento económico".

La segunda arista es una relación directa del VANP con el Ingreso real, que es el salario nominal ajustado por el Índice de precio al consumidor u otro indicador de inflación. Según Mankiw (2014), "el salario real se calcula dividiendo el salario nominal por el nivel de precios". Según el Banco Central Europeo (2020), "el IPC refleja cómo

cambian los precios que los consumidores pagan por los bienes y servicios y es una medida clave de la inflación" (BCE, Monthly Bulletin, 2020).

En el período 2000-2019 en Ecuador, la relación entre el IPC y el ingreso real se caracterizó por la estabilidad económica proporcionada por la dolarización, que ayudó a mantener la inflación bajo control y permitió que los aumentos en los salarios nominales se tradujeran en mejoras en el poder adquisitivo real de los trabajadores. Las políticas públicas y el crecimiento económico también jugaron roles importantes en este contexto. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), "la inflación anual promedio en Ecuador fue del 2.4% entre 2000 y 2019".

De igual forma vemos una arista entre el ingreso real y los gastos corrientes de bienes y servicios la cual puede ser entendida a través de varios aspectos que influyen en la economía de una entidad, ya sea una persona, una familia, una empresa o un gobierno. Según la CEPAL, "un aumento en el ingreso real puede incrementar la recaudación de impuestos, permitiendo al gobierno financiar mejor los gastos corrientes y mejorar los servicios públicos". Según la OCDE, "la relación entre los ingresos fiscales y el gasto corriente es crucial para la provisión de servicios públicos esenciales y el bienestar de la población". En el periodo de estudios la relación entre el ingreso real y los gastos corrientes de bienes y servicios se vio favorecida por la dolarización, la estabilidad económica, y las políticas de incremento salarial y transferencias sociales. La mejora en el ingreso real permitió un mayor gasto en bienes y servicios, tanto a nivel familiar como gubernamental, contribuyendo al crecimiento económico y al bienestar social.

Siguiendo en la línea del ingreso real, en el grafo salta la relación con el impuesto a la renta y por último con el desempleo. Esta relación se manifiesta a través de varios mecanismos económicos y fiscales que afectan tanto a individuos como a la economía en general. Los impuestos a la renta reducen el ingreso disponible, lo que afecta directamente el poder adquisitivo de las personas y, por lo tanto, su ingreso real. Esta relación es importante para entender la política fiscal y su impacto en la economía y el bienestar social. En cuanto a la relación que el modelo encuentra entre el desempleo y el ingreso real, el desempleo reduce el ingreso real de los individuos, disminuyendo su poder adquisitivo y afectando negativamente su ingreso real. Políticas activas de empleo y sistemas de seguro de desempleo pueden ayudar a mitigar estos efectos y proteger el bienestar económico de los trabajadores. Dentro de esto tenemos una serie de efectos principales, como lo son: Pérdida de ingreso, Reducción de Consumo, Efecto Psicológico y Social.

Un ejemplo para entender mejor esta relación es mediante la Curva de Phillips⁸ ya ilustra una relación inversa entre la tasa de desempleo y la tasa de inflación. Según la teoría, una menor tasa de desempleo puede llevar a una mayor inflación y viceversa. Aunque la relación ha sido cuestionada y es más compleja en la práctica, proporciona una base para entender cómo el desempleo puede impactar el ingreso real a través de la inflación. Según Blanchard (2017), "la Curva de Phillips muestra una relación a corto plazo entre desempleo e inflación, sugiriendo que un menor desempleo puede llevar a una mayor presión inflacionaria" (Blanchard, O., *Macroeconomics*, 7th ed., 2017).

La siguiente relación que vemos en el grafo es el impuesto a la renta y el ingreso petrolero, especialmente en países donde el sector petrolero es una parte significativa de

la economía. Esta relación puede ser directa e indirecta y se manifiesta a través de varios mecanismos económicos y fiscales. Según la OCDE, "los ingresos del petróleo pueden tener un efecto multiplicador significativo en la economía, aumentando la recaudación de impuestos a través de una mayor actividad económica" (OCDE, *Revenue Statistics*, 2019).

Según el Banco Mundial, "los países dependientes del petróleo deben diversificar sus fuentes de ingresos fiscales para reducir la vulnerabilidad a las fluctuaciones en los precios del petróleo" (Banco Mundial, *Global Economic Prospects*, 2020). Existe una relación entre el impuesto a la renta y el ingreso petrolero a través de la contribución directa de las empresas petroleras a la recaudación fiscal y el impacto indirecto del ingreso petrolero en la economía general. La volatilidad de los precios del petróleo y la dependencia fiscal del sector petrolero presentan desafíos que requieren políticas fiscales adaptativas y diversificación económica para asegurar la estabilidad fiscal a largo plazo. Ecuador es un país cuya economía ha estado significativamente influenciada por el sector petrolero. Durante el período 2000-2019, el petróleo fue una de las principales fuentes de ingresos para el gobierno ecuatoriano, afectando tanto la recaudación de impuestos como el gasto público.

La relación entre el impuesto a la renta y el ingreso petrolero en Ecuador durante el período 2000-2019 puede ser examinada a través de varios aspectos, incluyendo la contribución directa de las empresas petroleras a la recaudación del impuesto a la renta y el impacto indirecto del sector petrolero en la economía y las finanzas públicas. Según la CEPAL, "los ingresos del petróleo permitieron al gobierno ecuatoriano implementar políticas expansivas que estimularon el crecimiento económico y la recaudación de

impuestos". A pesar de eso también hubo un periodo de crisis, La caída de los precios del petróleo en 2014-2016 tuvo un impacto negativo en la recaudación fiscal y en la economía ecuatoriana en general. La reducción en los ingresos petroleros llevó a una disminución en la recaudación del impuesto a la renta de las empresas petroleras y afectó el gasto público.

En resumen, durante el período 2000-2019, la relación entre el impuesto a la renta y el ingreso petrolero en Ecuador fue significativa. La recaudación del impuesto a la renta estuvo estrechamente vinculada a los ingresos generados por el sector petrolero, mostrando una fuerte dependencia de los precios del petróleo. Además, el ingreso petrolero tuvo un efecto multiplicador en la economía, impactando positivamente la recaudación fiscal a través de una mayor actividad económica.

También por el lado de impuesto a la renta se ve un enlace con los gastos corrientes de sueldos y servicios, el primer punto de análisis es el financiamiento del gasto público. La recaudación del impuesto a la renta es una de las principales fuentes de ingresos del gobierno. Estos ingresos fiscales se utilizan para financiar el gasto público, incluidos los sueldos de los empleados públicos y los servicios contratados. Por lo tanto, un aumento en la recaudación del impuesto a la renta puede permitir al gobierno aumentar su gasto corriente en sueldos y servicios. La segunda es la capacidad fiscal: La capacidad del gobierno para aumentar los sueldos de los empleados públicos y contratar servicios depende en gran medida de sus ingresos fiscales, entre los que se encuentra el impuesto a la renta. Según el Banco Mundial, "la recaudación de impuestos, incluido el impuesto a la renta, es crucial para financiar el gasto público, incluidos los salarios del sector público y los servicios". Y también tiene una relación inversa. Según la CEPAL, "el gasto público

en sueldos y servicios puede tener un efecto multiplicador en la economía, aumentando la actividad económica y, por ende, la recaudación de impuestos". Existe una relación significativa entre el impuesto a la renta y el gasto corriente de sueldos y servicios. La recaudación del impuesto a la renta proporciona una fuente crucial de ingresos para financiar el gasto corriente del gobierno. Además, el gasto en sueldos y servicios tiene un efecto multiplicador en la economía, lo que puede aumentar la base imponible y, en última instancia, la recaudación fiscal. Esta relación es particularmente evidente en el contexto ecuatoriano, donde los ingresos fiscales han estado estrechamente vinculados a los ingresos petroleros y las políticas fiscales del gobierno.

Y de los gastos corrientes de sueldos y salarios se deriva una conexión con el gasto corriente de bienes y servicios. La relación entre estos dos tipos de gastos puede ser influenciada por varios factores, incluidos la política fiscal, la administración pública y las condiciones económicas. En Ecuador durante el período 2000-2019, hubo una relación significativa entre los gastos corrientes de bienes y servicios y los gastos corrientes de sueldos y salarios. Ambos tipos de gastos mostraron tendencias de crecimiento simultáneo y fueron influenciados por la política fiscal y las condiciones económicas. La capacidad del gobierno para mantener estos gastos estuvo estrechamente vinculada a sus ingresos fiscales, especialmente aquellos derivados del sector petrolero. Según el Banco Central del Ecuador, "los períodos de altos ingresos fiscales permitieron un aumento simultáneo en los gastos de sueldos y bienes y servicios, mientras que las crisis económicas y la caída de los precios del petróleo llevaron a ajustes en ambos rubros".

Según un análisis de la CEPAL, "las políticas de ajuste fiscal implementadas durante los períodos de crisis económica afectaron de manera similar a los gastos en sueldos y

a los gastos en bienes y servicios, reflejando la necesidad de mantener el equilibrio presupuestario".

Ya analizamos la relación del ingreso real con todas sus aristas, entre esas el IPC, pero esta variable genera sus propias conexiones que a continuación serán analizadas. Aunque se enfocan en aspectos diferentes de la economía. El IPC mide la inflación, es decir, el cambio en los precios de bienes y servicios consumidos por los hogares, afectando el poder adquisitivo y el costo de vida. El IDEAC, por su parte, mide las variaciones en la producción de bienes y servicios, proporcionando una visión de la actividad económica a corto plazo.

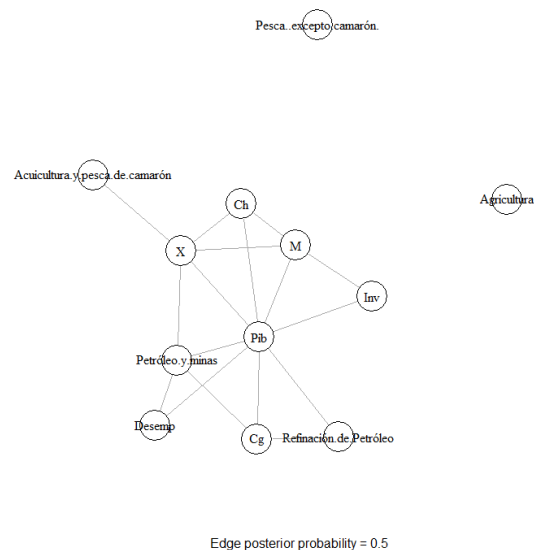
La relación entre ambos índices se manifiesta en cómo la actividad económica (medida por el IDEAC) puede influir en los precios (medidos por el IPC). Por ejemplo, un aumento en la actividad económica puede generar mayor demanda de bienes y servicios, lo que a su vez puede provocar un aumento en los precios si la oferta no puede satisfacer esa demanda. Asimismo, cambios en el IPC pueden influir en la política económica y en la actividad económica general, ya que la inflación afecta los costos de producción y el poder adquisitivo de los consumidores, impactando la producción y el consumo en la economía. Es decir, el IDEAC mide la evolución de la producción económica a corto plazo, lo que puede influir en las decisiones sobre sueldos y salarios.

Por último y siguiendo la misma línea de análisis del IPC tenemos al gasto corriente y al gasto corriente en sueldos y servicios. El gasto corriente incluye sueldos y salarios del sector público, que pueden influir en la demanda agregada y, por ende, en la inflación. Aumento en los sueldos y salarios incrementa el poder adquisitivo, lo que puede elevar

la demanda de bienes y servicios, ejerciendo presión al alza sobre los precios. Esta interacción resalta cómo políticas fiscales y salariales pueden impactar la inflación, medida por el IPC.

Una vez generado el grafo de las variables agregadas del Ecuador procedemos a generar los gráficos de relación de los sectores con las variables agregadas.

Gráfico 2: Grafo sector primario



Elaboración: RStudio

En el primer sector vemos que las relaciones de estas variables van en base al PIB, vemos relación con el Consumo de los hogares, las importaciones, las exportaciones, la inversión, el consumo del gobierno que como antes mencionamos son parte del PIB.

Las variables que destacan aquí son Petróleo y minas, Refinación de Petróleo, Acuicultura y pesca de camarón. La primera parte del grafo muestra la relación PIB-

Desempleo - Petróleo y minas. De acuerdo a Jiménez y Salgado (2017), el empleo en el sector petrolero y sus industrias asociadas ha fluctuado con los cambios en los precios del petróleo y las inversiones en el sector. Un estudio de la CEPAL (2010) indica que las caídas en los precios del petróleo, como la de 2008-2009, llevaron a una reducción en la inversión y el empleo en el sector, lo que contribuyó a un aumento en las tasas de desempleo.

La investigación de Larrea y North (2016) examina cómo las variaciones en los ingresos petroleros afectan tanto el crecimiento económico como el empleo. Encuentran que las bonanzas petroleras han permitido al gobierno incrementar el gasto público, lo que ha estimulado el crecimiento del PIB y reducido el desempleo. Otro estudio de Proaño (2018) explora cómo la dependencia del petróleo ha creado vulnerabilidades en la economía ecuatoriana, donde las fluctuaciones en los precios internacionales del petróleo afectan directamente la estabilidad económica y las tasas de empleo.

Por otra parte, la relación del sector de la Acuicultura y pesca de camarón, se da mediante las exportaciones que aportan al PIB del país.

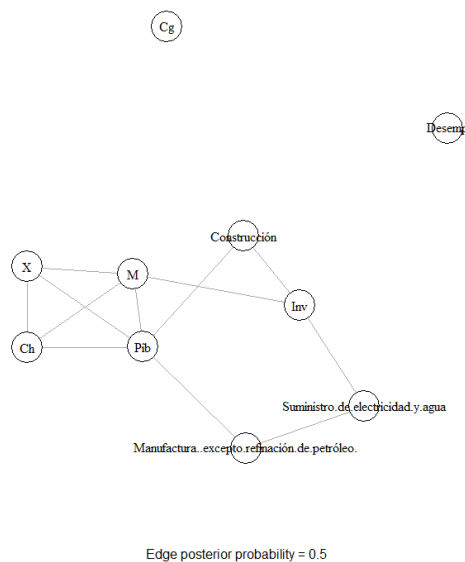
La pesca excepto el camarón y la agricultura son nodos que quedaron fuera del grafo, anteriormente ya di razones de las porque esto puede pasar, pero en este caso en específico puede ser por:

- **Contribución Menor al PIB:** Es posible que el sector de la agricultura y pesca excepto el camarón, tenga una contribución menor al PIB en comparación con otros sectores como el petróleo, la minería, el comercio y los servicios financieros.

- **Variabilidad Estacional:** La producción agrícola puede ser muy estacional y su contribución al PIB puede variar significativamente de un trimestre a otro.

Es importante considerar la combinación de factores como: una menor contribución al PIB, la calidad y disponibilidad de datos, políticas gubernamentales y subsidios, la estructura del mercado, impactos externos y la evolución tecnológica y de productividad al analizar la economía del país y las relaciones entre diferentes sectores.

Gráfico 3: Grafo sector secundario



Elaboración: RStudio

Lo que resalta aquí son las relaciones con áreas de este sector como lo son la construcción, el suministro de electricidad y agua y la manufactura excepto refinación de petróleo.

La inversión tiene dos aristas a la construcción y al suministro de electricidad y agua. La inversión, tanto pública como privada, impulsa el sector de la construcción, que a su vez es un motor clave para el desarrollo económico del país. La inversión pública en infraestructura, como carreteras, puentes, hospitales, y escuelas, tiene un impacto directo en el sector de la construcción. Estos proyectos no solo generan empleo, sino que también mejoran la conectividad y los servicios básicos, lo que puede atraer más inversión privada.

Durante el periodo 2000-2019, el gobierno de Ecuador implementó varios programas de inversión pública para mejorar la infraestructura del país. Esto incluyó la construcción de nuevas carreteras, la modernización de aeropuertos, y la ampliación de la red de suministro de agua y electricidad.

Por otro lado, la inversión privada, las empresas y los individuos invierten en la construcción, están apostando por el crecimiento económico y la estabilidad del país. Esto se observa en el desarrollo de complejos comerciales, parques industriales, y proyectos de vivienda a gran escala. Podemos encontrar investigaciones interesantes como la de Álvarez, J. (2018) donde analiza cómo la inversión extranjera directa ha impactado el sector de la construcción en Ecuador. El estudio destaca que la entrada de capital extranjero ha facilitado el desarrollo de grandes proyectos de infraestructura y construcción.

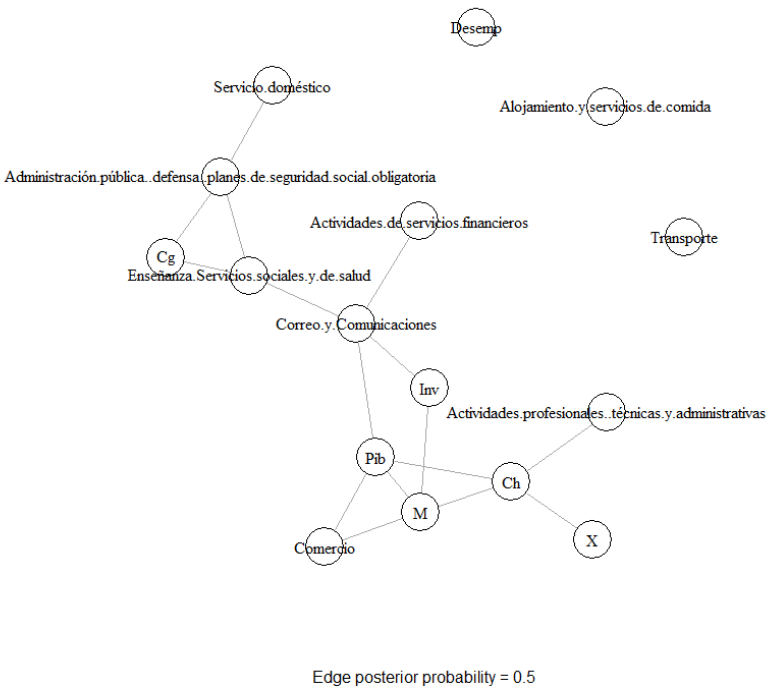
La relación entre la manufactura y el suministro de agua y electricidad en Ecuador es fundamental. Pérez, M. (2017) En su estudio analiza cómo la estabilidad y calidad del suministro eléctrico afectan la productividad y competitividad de las industrias

manufactureras. Donde llega a la conclusión que las inversiones en infraestructura de agua y electricidad son esenciales para el desarrollo sostenible y el crecimiento del sector industrial en el país.

El modelo determinó que el consumo del gobierno y el desempleo no aportaban significativamente a la explicación de la variabilidad en el sector secundario (industrial). En modelos de árboles, se tiende a seleccionar las variables que más contribuyen a la reducción de la incertidumbre (impureza) en cada división. Si el desempleo o el consumo del gobierno están altamente correlacionados con otras variables, el modelo podría preferir una de ellas y excluir las otras.

En resumen, la exclusión no significa que estas variables no sean importantes en general, sino que, en el contexto específico del análisis, otras variables proporcionaron más información relevante para el modelo.

Gráfico 4: Grafo sector terciario



Elaboración: RStudio

La relación entre el PIB, las importaciones y el sector del comercio es interdependiente y dinámica. El crecimiento del PIB puede impulsar las importaciones y fortalecer el sector del comercio, mientras que un sector comercial eficiente y un flujo adecuado de importaciones pueden, a su vez, contribuir al crecimiento económico. Entender estas relaciones es crucial para formular políticas económicas que promuevan el desarrollo sostenible y la integración económica global.

La relación entre el consumo de los hogares y las actividades técnicas y administrativas en Ecuador es importante para entender el dinamismo económico del

país. El consumo de los hogares impulsa la demanda de servicios técnicos y administrativos, lo que a su vez genera empleo e ingresos, contribuyendo al bienestar económico de los hogares. Esta interdependencia crea un ciclo económico en el que el crecimiento en uno de los componentes puede estimular el crecimiento en el otro, promoviendo el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida en Ecuador.

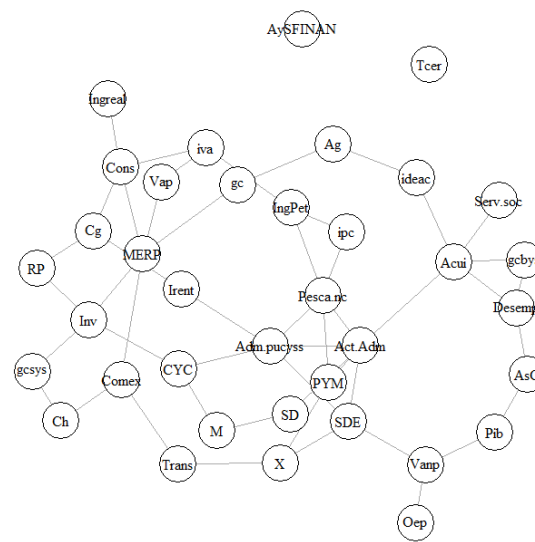
Martínez, R. (2018) en su estudio analiza cómo el consumo de los hogares influye en el crecimiento de estos sectores. También González, S. (2019). Examina cómo el empleo en estos sectores afecta el ingreso y el bienestar de los hogares.

En Ecuador, los sectores terciarios se interrelacionan a través de nodos clave como el PIB y la inversión. Un nodo central es el sector de correo y comunicaciones, el cual influye directamente en actividades como los servicios financieros y los servicios de enseñanza, sociales y de salud. A partir de estos servicios, se derivan vínculos con el consumo del gobierno, que está asociado con la administración pública y la defensa, así como los planes de seguridad social obligatoria, generando conexiones con el servicio doméstico.

Este enfoque económico refleja cómo los diferentes sectores del país están conectados entre sí, mostrando la importancia de la infraestructura de comunicaciones para el desarrollo de servicios financieros, educativos y de salud. La inversión en el sector de comunicaciones, por ejemplo, no solo mejora la conectividad digital, sino que también fortalece otros sectores al facilitar la eficiencia operativa y la accesibilidad a servicios esenciales

Se observa que se excluyen factores como el desempleo, el transporte, y los servicios de alojamiento y alimentación. Como antes mencionamos, si el modelo de análisis no reconoce la contribución de estas variables, es posible que las omita del estudio.

Gráfico 5: Grafo general



Edge posterior probability = 0.5

Elaboración: RStudio

Este último grafo es una representación de cómo se relacionan todos los sectores con las variables agregadas.

b. Resultados de análisis de fiabilidad

Con los grafos generamos una matriz de adyacencia, esta matriz es utilizada para describir cuáles vértices (o nodos) de un grafo están conectados entre sí por aristas.

En un grafo dirigido, a_{ij} indica una arista⁹ que va del vértice i al vértice j. Es decir, es una forma de representar gráficamente la relación entre los nodos de un grafo donde las aristas tienen una dirección específica. Esta matriz de adyacencia¹⁰ muestra no solo si hay una conexión entre dos nodos, sino también la dirección de dicha conexión.

Cuadro 1: Matriz Adyacencia Variables Agregadas

	IngPet	Irent	iva	gcsys	gcbys	gc	Tcer	ipc	Ingreal	ideac	Vap	Vanp	Oep	Pib	M	Ch	Cg	Inv	X	Desemp	TOTAL
IngPet	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Irent	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
iva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gcsys	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
gcbys	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
gc	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Tcer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ipc	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ingreal	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	5
ideac	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Vap	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
Vanp	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
Oep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pib	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	5
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	3
Ch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
Cg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
Desemp	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	1	4	0	4	3	2	1	3	4	2	2	3	0	5	3	3	0	2	2	1	

Fuente: Elaboración propia

Arista⁹: “También conocido como arcos, es una conexión entre dos nodos”.

Matriz de adyacencia¹⁰: “Es una representación matemática de un grafo en forma de matriz, que describe las conexiones (aristas) entre los nodos (vértices) del grafo. Se utiliza comúnmente en teoría de grafos para analizar y manipular redes”.

Cuadro 2: Matriz Adyacencia Sector 1

	Agricultura	Acuicultura y pesca de camarón	Pesca (excepto camarón)	Petróleo y minas	Refinación de Petróleo	Pib	M	Ch	Cg	Inv	X	Desemp	TOTAL
Agricultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acuicultura y pesca de camarón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Pesca (excepto camarón)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petróleo y minas	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	4
Refinación de Petróleo	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
Pib	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
M	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	4
Ch	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
Cg	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Inv	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
X	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	5
Desemp	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
TOTAL	0	1	0	4	2	8	4	3	3	2	5	2	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3: Matriz Adyacencia Sector 2

	Manufactura (excepto refinación de petróleo)	Suministro de electricidad y agua	Construcción	Pib	M	Ch	Cg	Inv	X	Desemp	TOTAL
Manufactura (excepto refinación de petróleo)	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Suministro de electricidad y agua	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Construcción	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
Pib	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	5
M	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	5
Ch	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
Cg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inv	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	3
X	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3
Desemp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2	1	2	5	5	3	0	3	3	0	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4: Matriz Adyacencia Sector 3

	Agricultura	Acuicultura y pesca de camarón	Pesca (excepto camarón)	Petróleo y minas	Refinación de Petróleo	Pib	M	Ch	Cg	Inv	X	Desemp	TOTAL
Agricultura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acuicultura y pesca de camarón	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Pesca (excepto camarón)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petróleo y minas	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	4
Refinación de Petróleo	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
Pib	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
M	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	4
Ch	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	3
Cg	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Inv	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
X	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	5
Desemp	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2
TOTAL	0	1	0	4	2	8	4	3	3	2	5	2	

Fuente: Elaboración propia

Al final se unió las matrices de adyacencia y se generó una sola donde se contabilizaron todas las relaciones que se generó en los grafos (Anexo5).

5. Hallazgos y Conclusiones

Los nuevos modelos de árboles con variables latentes pueden mejorar significativamente las previsiones de consistencia macroeconómica del Ecuador al permitir una representación más compleja y detallada de las relaciones subyacentes en los datos económicos. Estos modelos integran variables no observables que capturan dinámicas ocultas, como expectativas de los agentes económicos o choques estructurales, que no se reflejan directamente en las variables macroeconómicas observadas. Al hacerlo, proporcionan una comprensión más completa de los factores que influyen en el crecimiento económico y otros indicadores clave. Además, al utilizar técnicas avanzadas de inferencia, estos modelos pueden actualizarse continuamente a medida que se dispone de nueva información, mejorando así la precisión de las proyecciones y permitiendo a los formuladores de políticas tomar decisiones más informadas y oportunas para promover la estabilidad económica y el desarrollo sostenible del país, teniendo en cuenta que mientras más histórica la base de datos mejor.

Los hallazgos de un modelo de árboles con variables latentes pueden revelar patrones y relaciones subyacentes en los datos que no son evidentes con modelos tradicionales. Al incorporar variables latentes, el modelo puede identificar factores ocultos que influyen en las decisiones o comportamientos observables. Por ejemplo, en un estudio de comportamiento del consumidor, un modelo de este tipo podría descubrir que las preferencias latentes por la sostenibilidad ambiental impactan en las decisiones de compra, incluso si no se expresan explícitamente. Además, los modelos de árboles con variables latentes pueden segmentar los datos en subgrupos con características comunes no visibles, ofreciendo una visión más granular de los factores que impulsan las

variaciones en los datos. Estos hallazgos permiten a los investigadores y tomadores de decisiones comprender mejor la complejidad de los sistemas que analizan, facilitando el diseño de estrategias más efectivas y personalizadas.

Hallazgos del gráfico 1:

- Las conexiones principales: La variable con mayor número de conexiones indican los nodos que están más conectados en la red. Por ejemplo, el “PIB” tiene 5 conexiones lo que sugiere que son las variables clave que influyen o están influenciadas por muchas otras.
- Los nodos más centrales como el “PIB”, “Vanp” e “Ingreal” indican que son variables claves en el sistema.
- Los nodos aislados o menos conectados: como el “iva”, “Oep”, “Cg” que no tienen conexiones, lo que indica que tiene influencia limitada en la red, o que están aislados de variables principales.
- De igual forma hay nodos que pueden representar subredes o clusters que van ligados a los resultados de las matrices de adyacencia entre los cero y unos.

Hallazgos del gráfico 2:

- Aquí ya tenemos presencia de las diferentes industrias o sectores del Ecuador, de lo igual forma el “PIB” es la variable principal que mueve el resto de nodos. Las “X” y “Ch” son nodos que nos da relaciones importantes con las industrias del sector.
- Se observa un grupo de nodos interconectados que incluye actividades como "Acuicultura y pesca de camarón", "Procesadoras", y

"Refinación de Petróleo". Estas actividades pueden formar un clúster que indica una cadena de suministro o una relación económica estrecha.

Hallazgos del gráfico 3:

- Como en los anteriores grafos el "PIB" es la variable central y con más conexiones.
- Vemos la relación estrecha entre el PIB y las variables que son parte de su fórmula como el "Ch", "X", "M" e "Inv", lo que deriva, las relaciones con las diferentes industrias del sector.
- Un grafo que refleja estas relaciones puede ayudar a identificar áreas estratégicas para el desarrollo económico y proporcionar un marco para evaluar el impacto de diferentes políticas económicas en el crecimiento sostenible y la estabilidad macroeconómica.
- La construcción y la manufactura suelen ser motores clave del PIB debido a su influencia directa en la producción y el empleo. La conexión de suministro de electricidad y agua podría indicar su papel esencial en el soporte de otras actividades económicas.
- Un fuerte enlace con la inversión también podría señalar que estos sectores requieren capital intensivo para expansión y modernización. Si las importaciones están estrechamente conectadas con la manufactura y la construcción, podría indicar una dependencia de bienes de capital o materias primas del extranjero, esenciales para estas industrias. Esto puede señalar vulnerabilidades a cambios en políticas comerciales o fluctuaciones de divisas.

- La presencia de conexiones entre estos sectores puede sugerir interdependencias significativas. Por ejemplo, la construcción puede depender del suministro de electricidad y agua, mientras que la manufactura puede influir en las necesidades de inversión en infraestructura energética.

Hallazgos del gráfico número 4:

- Para las industrias que están fuertemente o directamente conectadas con el PIB significa que tiene impacto significativo en la economía general. El comercio suele ser un componente importante del PIB debido a su relación directa con la venta de bienes y servicios. Las actividades profesionales, técnicas y administrativas pueden influir en el PIB a través de la mejora de la eficiencia empresarial y la innovación.
- Una fuerte conexión con el consumo de los hogares sugiere que estas industrias están directamente ligadas a las preferencias y necesidades de los consumidores.
- Si las importaciones están estrechamente relacionadas con estas industrias, podría indicar una dependencia de bienes y servicios del extranjero, esenciales para el comercio y las actividades profesionales. Esto puede señalar una vulnerabilidad a cambios en las políticas comerciales y las condiciones del mercado internacional.
- Las actividades técnicas y administrativas pueden apoyar al sector comercial mediante servicios de gestión y asesoramiento, mejorando la competitividad y eficiencia del comercio.

- Estas relaciones pueden ofrecer una visión clara de las dinámicas económicas clave y ayudar a identificar estrategias para fomentar el desarrollo sostenible y equilibrado de estos sectores Estas.

- Las industrias del “correo y comunicaciones” y “enseñanzas, servicios sociales y salud”, en el caso de la primera estas actividades son vitales para el soporte de otras industrias y facilitan el comercio y la innovación a través de la mejora de las redes de comunicación y la segunda no solo contribuyen directamente al PIB a través de servicios prestados, sino que también mejoran el capital humano, lo cual es esencial para el crecimiento económico sostenible.

- Las industrias de correo y comunicaciones actúan como un enlace clave entre las demás industrias y el PIB y la inversión. Esta posición sugiere que la infraestructura de comunicación es vital para el funcionamiento eficiente de otras industrias, facilitando la coordinación, la transferencia de información y la integración de servicios.

- El impulso de la Productividad, es decir, mejores servicios de comunicación pueden aumentar la eficiencia operativa y la productividad en sectores como la enseñanza, salud y servicios financieros, permitiendo una respuesta más rápida a las necesidades de la población y mejorando la prestación de servicios.

- La conexión a través de correo y comunicaciones indica que la disponibilidad de información y la rápida conectividad pueden facilitar las transacciones financieras, mejorar el acceso al capital y atraer inversión extranjera y doméstica.

- El grafo indica que el sector de correo y comunicaciones es una infraestructura crítica que conecta diversas industrias esenciales al PIB y a la inversión. Mejorar este sector podría amplificar el impacto positivo en la economía, facilitando la innovación y la eficacia en múltiples ámbitos industriales y gubernamentales.

Hallazgos del gráfico número 5:

- Se observan agrupaciones de nodos que están más densamente conectados entre sí, lo que puede sugerir que estos sectores o factores económicos tienen interdependencias significativas.
- Los nodos que tienen pocas conexiones, como "Tcer" o "AySFINAN", podrían representar sectores que son menos integrados en la red principal, tal vez por su independencia relativa o menor impacto en la economía general. Sin embargo, también podría sugerir áreas donde la integración podría mejorarse para potencialmente aumentar su impacto económico.
- Las conexiones entre nodos como "PIB", "Inversión", y sectores como "Ag" (Agricultura) o "CYC" (Correo y Comunicaciones) podrían señalar interacciones críticas que determinan el comportamiento económico general. Estas relaciones pueden ayudar a identificar puntos de apalancamiento donde políticas económicas pueden ser implementadas para maximizar el crecimiento y la estabilidad económica.
- El grafo refleja una estructura compleja de relaciones entre diferentes sectores y factores económicos, donde ciertos nodos y conexiones clave pueden desempeñar roles cruciales en el funcionamiento y crecimiento

económico general. Identificar y comprender estas relaciones puede ayudar en la formulación de políticas económicas más efectivas y estrategias de inversión.

En todos los grafos la indicación de "Edge posterior probability = 0.5" sugiere que las conexiones mostradas tienen al menos un 50% de probabilidad de existir, lo cual da una idea de la confianza en las relaciones inferidas. Esto es crucial para interpretar la fortaleza y confiabilidad de las conexiones mostradas.

A pesar de que el tema de redes bayesianas no es muy conocido hay una investigación que va a la par con esta por parte de Fernández, 2016. El en su investigación saca los siguientes resultados:

- “Al modelar sistemas complejos es altamente improbable encontrar una correspondencia biunívoca entre todas las variables latentes y las nuevas variables observables incluidas, y más aún lo es al tratarse de un sistema socio-económico como el que se está abordando en esta investigación. No obstante, de esto, si existen algunas pautas bastantes claras de conceptos económicos que podrían explicar estas relaciones no observables. Por ejemplo, al observar las variables conectadas (en su investigación), se puede presumir observando el LTM trimestral que este efecto no observable está fuertemente incidido por el Consumo de los hogares y los Otros elementos del PIB”.
- “Este ejercicio busca dar una nueva visión al siempre presente problema de la endogeneidad¹¹ de las variables económicas, mediante la inclusión de dos rezagos temporales en todas las variables mensuales y modelarlas a través de

Endogeneidad¹¹: “Es un concepto clave en econometría y análisis estadístico, que se refiere a una situación en la que una variable explicativa está correlacionada con el término de error en un modelo estadístico. Esta correlación puede llevar a resultados sesgados y estimaciones incorrectas en los modelos de regresión”.

un LTM. En Ecuador, los principales agregados macroeconómicos se publican trimestralmente, impidiendo así tener una idea concreta de cómo son las relaciones de interdependencia de los indicadores de los que se dispone durante el trimestre. Además de la circularidad existente en el subsistema formado por estas tres variables, es interesante destacar que incluso la periodicidad es distinta; como se evidencia en el gráfico, los efectos que el Ingreso Real manifiestan en el Desempleo y el Subempleo tienen rezago de un mes, mientras que los efectos contrarios se dan con un rezago de dos meses. El Log-likelihood¹² de este modelo es -36020.248054 y el BIC es -36234.388467”.

- “En prácticamente todos los ensayos de aprendizaje de modelos de árbol con variables latentes, el algoritmo de agrupamiento de Chow-Liu¹³ con unión de vecinos tuvo un mejor desempeño que el otro algoritmo implementado (agrupamiento recursivo). Si bien en términos de eficiencia computacional este último tiene un mejor desempeño, la diferencia no es significativa y prevalece la capacidad del primer algoritmo de reproducir relaciones económicas coherentes dentro del sistema modelado. Además, generalmente las variables latentes que resultaban del aprendizaje con el algoritmo ACLUV tenían una explicación intuitiva dentro de la teoría económica, cosa que no necesariamente sucedía con el algoritmo AR¹⁴”.

Log-likelihood¹²: “Es una función matemática utilizada en estadística y econometría para estimar los parámetros de un modelo basado en los datos observados. Es una extensión de la **función de verosimilitud**, que mide la “probabilidad” de observar un conjunto de datos dado un conjunto específico de parámetros en un modelo probabilístico”.

El algoritmo de Chow-Liu (Acluv)¹³: “Es un método utilizado en teoría de grafos y aprendizaje automático para construir árboles de dependencia (o árboles de máxima probabilidad) que aproximen una distribución conjunta de variables aleatorias mediante una estructura de árbol”.

El algoritmo AR¹⁴: “Modelo auto regresivo”.

6. Bibliografía:

- Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R., (2013), *Macroeconomics*, 12th ed.
- Blanchard, O., (2017), *Macroeconomics*, 7th ed.
- Mankiw, N. G., (2014), *Principles of Economics*, 7th ed.
- Krugman, P. R., & Obstfeld, M., (2009), *International Economics: Theory and Policy*, 9th ed.
- Banco Mundial, (2021), *Global Economic Prospects*.
- Banco Central del Ecuador, (2019), Informe de Coyuntura Económica.
- BCE, (2020), Monthly Bulletin.
- INEC, (2020), *Indicadores Macroeconómicos*.
- CEPAL, (2019) *Estudio Económico de América Latina y el Caribe*.
- OCDE, (2019) *Government at a Glance*.
- CEPAL, (2019) *Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe*.
- Banco Mundial, (2019), *Public Sector Pay and Employment*.
- CEPAL, (2018), *Estudio Económico de América Latina y el Caribe*.
- Banco Central del Ecuador, (2019), Boletín Estadístico.
- CEPAL, (2017), *Panorama Fiscal de América Latina y el Caribe*.
- Easterly, W. (1989). A Consistency Framework for Macroeconomic Analysis

.Recuperado

de:

<http://documents.worldbank.org/curated/en/363181468764094993/pdf/multi-page.pdf>

• Perez. W, P. S. (s.f.). MODELO DE CONSISTENCIA MACROECONOMICA PARA EL ECUADOR .Recuperado de

<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/NotasTecnicas/nota37.pdf>

- Fernández, J. (2015). Una aproximación a la consistencia macroeconómica utilizando modelos probabilísticos gráficos. Tesis de maestría, Flacso Ecuador.
- Mourad, R., Sinoquet, C., Zhang, N., Liu, T., y Leray, P. (2013). A survey on latent tree models and applications. *Journal of Artificial Intelligence Research*, (47), 157–203.
- Lauritzen, S. y Spiegelhalter, D. (1988). Local computations with probabilities on graphical structures and their application to expert systems (with dicusion). *Journal of the Royal Statistical Society*, 8, 157–224
- Jiménez, A., & Salgado, M. (2017). *Impacto de los precios del petróleo en el empleo en el sector petrolero y sus industrias asociadas*. *Revista de Economía Energética*, 12(3), 45-58.
- Larrea, C., & North, D. (2016). *El impacto de las bonanzas petroleras en el crecimiento económico y el empleo: Un análisis de los ingresos petroleros y el gasto público*. *Revista de Economía y Desarrollo*, 23(4), 102-119
- Proaño, A. (2018). *Dependencia del petróleo y vulnerabilidades económicas en Ecuador: Efectos de las fluctuaciones en los precios internacionales del petróleo sobre la estabilidad económica y el empleo*. *Revista de Economía Ecuatoriana*, 30(2), 150-167.
- Alvarez, J. (2018). *El impacto de la inversión extranjera directa en el sector de la construcción en Ecuador*. *Revista de Desarrollo Económico*, 25(3), 45-62

- Pérez, M. (2017). *La influencia de la estabilidad y calidad del suministro eléctrico en la productividad y competitividad de las industrias manufactureras. Revista de Investigación en Economía Industrial*, 22(4), 112-130.
- Martínez, R. (2018). *El impacto del consumo de los hogares en el crecimiento de sectores económicos específicos. Revista de Economía y Sociedad*, 26(3), 123-145.
- González, S. (2019). *El efecto del empleo en sectores económicos sobre el ingreso y bienestar de los hogares. Revista de Bienestar Social y Economía*, 31(1), 78-92.
- Montenegro, Á (2011). Información y entropía en economía. *Revista de Economía Institucional*. 13, 25.
- Chow, C. y Liu, C. (1968). Approximating discrete probability distributions with dependence trees. *Information Theory, IEEE Transactions on*, 14(3), 462–467.
- Ecuador, B. C. (2000-2019). Banco Central del Ecuador. Obtenido de Banco Central del Ecuador: <https://www.bce.fin.ec/index.php/informacioneconomica/sector-real>
- Ecuador, B. C. (2000-2019). Banco Central del Ecuador. Obtenido de Banco Central del Ecuador: <https://www.bce.fin.ec/index.php/informacioneconomica/sector-real>
- Fernandez, J. (2015). *Una aproximación a la consistencia macroeconomica utilizando modelos probabilísticos gráficos*. Quito: Publicaciones FLACSO.

- Fernandez, J. (2016). Propuesta de modelación basada en un enfoque de redes probabilísticas: una aplicación a la consistencia macroeconómica. Ecuador: Analitika.
- Gachet, I., Grijalva, D., Rivadeneira, A., & Uribe, C. (2007). Un Marco de Consistencia Macroeconómica para la Economía Ecuatoriana: Un Regreso a los Fundamentos. Ecuador: Cuestiones económicas.
- Guzmán, C., & Sánchez, F. (2003). Modelo de consistencia macroeconómica.
- INEC. (2000-2019). INEC. Obtenido de INEC: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-de-precios-al-consumidor/>
- Nayyar, D. (2008). Macroeconomics in developing countries. PSL Quarterly Review.
- Reza, M., Wit, E., & Dobra, A. (2022). Package BDgraph. Obtenido de RStudio: <https://cran.r-project.org/web/packages/BDgraph/BDgraph.pdf>
- Viteri, A. (2011). Modelo de consistencia, programación macroeconómica y financiera para Ecuador. Quito: Repositorio Tesis Puce.

Anexos:



Anexo 1 Calculo de tasas.xlsx



Anexo 2 Base FINAL.xlsx



Anexo 3 IPC Y Salario real.xlsx



Anexo 4 Código T.R



Anexo 5 Base matriz.xlsx