

## Modelo Visual del Comercio Externo en Exportaciones Ecuatorianas

### Visual Model of Foreign Trade in Ecuadorian Export

Dario Sebastián Medina López<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0005-6658-3952>, Marcos Orellana<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3671-9362>, Luis Tonon-Ordóñez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2360-9911>, Jorge Luis Zambrano-Martinez<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5339-7860>

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática (LIDI)  
Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador  
[smedina@es.uazuay.edu.ec](mailto:smedina@es.uazuay.edu.ec), [marore@uazuay.edu.ec](mailto:marore@uazuay.edu.ec),  
[ltonon@uazuay.edu.ec](mailto:ltonon@uazuay.edu.ec), [jorge.zambrano@uazuay.edu.ec](mailto:jorge.zambrano@uazuay.edu.ec)



Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0

Enviado: 2023/07/14

Aceptado: 2023/08/15

Publicado: 2023/10/15

#### Resumen

El comercio exterior desempeña un papel fundamental en la economía de un país, involucrando una gran cantidad de transacciones y datos. Este estudio se enfoca en analizar, comprender y demostrar las exportaciones de Ecuador con el objetivo de generar conocimiento para los expertos en este campo. Para lograrlo, se desarrolló un modelo de visualización de datos que abarca el período comprendido entre 2008 y 2018. El estudio fue basado en la metodología CRISP-DM, ampliamente utilizada en proyectos de minería de datos. Esta metodología se adapta a través de cinco fases iterativas para el desarrollo del modelo de minería y visualización. Mediante la implementación de esta metodología, se logró generar un modelo visual que proporciona una herramienta efectiva para manipular las principales variables relacionadas con el comercio exterior. El resultado de este estudio fue la creación de un modelo visual adaptado a una herramienta que permite explorar y analizar las exportaciones de Ecuador. Este modelo proporciona una interfaz intuitiva para manipular y examinar las variables clave, lo que puede facilitar la toma de decisiones informadas en el ámbito del comercio exterior.

**Palabras clave:** Clusterización, Exportaciones, Minería de datos, Modelo de gravedad, Modelo visual, Técnicas de visualización.

**Sumario:** Introducción, Trabajos Relacionados, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión y Conclusiones.

**Como citar:** Medina, D. S., Orellana, M., Tonon-Ordóñez, L. & Zambrano-Martinez, J. L. (2023). Modelo Visual del Comercio Externo en Exportaciones Ecuatorianas. *Revista Tecnológica - Espol*, 35(2), 143-156. Recuperado a partir de <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/1051>

### Abstract

Foreign trade is fundamental to the economy as it involves many transactions and data from a country. This study analyses exports from Ecuador to generate knowledge for experts in this field. A data visualization model covering 2008 and 2018 was developed to achieve this. The study was based on the CRISP-DM methodology, widely used in data mining projects. This methodology is adapted through five iterative phases to develop the mining and visualization model. Through the implementation of this methodology, it was possible to generate a visual model that provides an effective tool to manipulate the main variables related to foreign trade. The result was the creation of a graphical model adapted into a tool to explore and analyse Ecuador's exports. This model provides an intuitive interface to manipulate and examine the main variables, which can facilitate informed decision-making in foreign trade.

**Keywords:** Clustering, Data mining, Exports, Gravity model, Visual model, Visualization techniques.

### Introducción

A nivel mundial, con el pasar de los años, los países generan grandes cantidades de datos gracias a los avances tecnológicos, permitiendo generar datos de manera más sencilla y rápida, al igual que su almacenamiento. Esta información, se genera debido a las múltiples transacciones derivadas de todas las funciones que tienen a su cargo los estados, donde el comercio exterior representa una gran parte de estas actividades. Las exportaciones representan una de las actividades económicas más importantes de un país, la cual consiste en el envío de productos a través de fronteras. Estas transacciones de comercio exterior producen grandes cantidades de datos que son almacenados generando conocimiento informativo, no obstante, es necesario transformarlo en conocimiento productivo, que genere valor y aporte a la toma de decisiones económicas del país. El Ecuador, según el programa informático Solución Comercial Integrada Mundial (WITS), exportó 2,252 productos a 156 países en el último año (World Integrated Trade Solution, 2023). Toda la información de estas transacciones se encuentra recopilada, clasificada y almacenada en el Banco Central del Ecuador (BCE) desde el año 1990 que se encuentran disponibles para su consulta en el portal web del BCE.

Sin embargo, los mismos no disponen de medios analíticos visuales que simplifiquen y faciliten su entendimiento al momento del análisis. Esto genera que los usuarios consulten enormes archivos con tablas complejas, sin obtener un análisis visual que disminuya el trabajo de procesamiento de los datos. De igual manera, el presente estudio utiliza el modelo de gravedad que asume los flujos comerciales entre dos países al ser directamente proporcionales a ciertas variables de las economías e inversamente proporcionales a la distancia (Vásquez Bernal y Tonon Ordoñez, 2021). No obstante, es necesario analizar todos estos datos y transformarlos en conocimientos que puedan ser entendidos por los expertos como personas no inmersas en este campo de estudio, y al mismo tiempo compartirlas para generar más valor (Cairo, 2011). Por tanto, es necesario crear visualizaciones de datos que expongan y ayuden al análisis de manera clara y eficaz mediante gráficos, utilizando técnicas que combinen la estética y funcionalidad (Po et al., 2020) sobre las exportaciones ecuatorianas.

Por lo tanto, en el presente estudio se desarrolló un modelo de visualización de datos de comercio exterior que permita analizar, comprender y demostrar mediante gráficas las exportaciones del Ecuador entre los años 2010 y 2018 a través del tratamiento y procesamiento de los datos almacenados en el BCE para generar nuevo conocimiento, permitiendo que las personas puedan analizar y comprender ágilmente las exportaciones del Ecuador con sus socios

comerciales a través de esta herramienta. Asimismo, se empleó el método Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) que consta de cinco fases iterativas esenciales, desde la comprensión del negocio hasta la creación del modelo visual como resultado final.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: La Sección 2 presenta los trabajos relacionados con métodos similares, la Sección 3 explica la metodología utilizada para realizar este estudio, la Sección 4 expone los resultados que se han obtenido al aplicar la metodología, y la Sección 5 presenta las conclusiones obtenidas, conjuntamente con los trabajos.

### **Trabajos Relacionados**

El comercio exterior, especialmente las exportaciones, está experimentando un crecimiento cada vez mayor en Ecuador y a nivel mundial. Esto genera diariamente un gran volumen de transacciones y datos que se almacenan sin generar información para la toma de decisiones. Actualmente, los investigadores se enfrentan al desafío de representar visualmente los resultados del análisis de datos, ya que poseen amplios conocimientos en estadística y programación, pero en su mayoría carecen de conceptos adecuados en diseño y visualización (Sustaita Guerrero, 2018).

La investigación de Boar et al. (2017) realiza un análisis profundo del comercio exterior de importaciones y exportaciones utilizando datos públicos y redes complejas, llegando a identificar la relación entre las empresas distribuidoras globales y las fluctuaciones del mercado de valores. Por el contrario, Jiang et al. (2018) estudian los cambios en la dependencia del comercio exterior y la estructura comercial de la provincia de Yunnan en China mediante el análisis de los datos de comercio exterior extraídos del Banco Mundial, demostrando que el comercio exterior aumenta con el pasar del tiempo, aunque a un ritmo más lento en comparación con el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) y el volumen total del comercio exterior de esta provincia.

Devyatkin et al. (2018) plantean el objetivo de revelar combinaciones de productos básicos y países asociados que experimentarían un crecimiento en el valor de las exportaciones, a través de datos abiertos del comercio internacional y la producción de las Naciones Unidas, el Fondo Monetario Internacional, bases de datos meteorológicas y modelos de regresión cuantil basados en redes neuronales.

Velichko et al. (2018) investigan sobre el comercio interno de Rusia, creando un modelo de flujo de redes múltiples utilizando la plataforma en la nube denominada aplicaciones inteligentes, control y plataforma como servicio (IACPaaS) para visualizar el análisis. Estos investigadores realizan simulaciones del tráfico comercial interregional en el Lejano Oriente de Rusia, aprovechando todos los datos disponibles de comercio y generando visualizaciones para exponer los resultados de su investigación.

Asimismo, existen estudios que vinculan el comercio exterior con técnicas de minería de datos, como el análisis realizado por Jia et al. (2019) para predecir el destino de las exportaciones de petróleo crudo de América Latina utilizando técnicas de aprendizaje automático. Estos investigadores utilizan un conjunto de datos del envío de petróleo crudo procesados con técnicas de minería de datos, como árboles de decisión, bosques aleatorios y árboles potenciados, y entrenan un modelo que permita predecir los destinos de exportación del petróleo crudo.

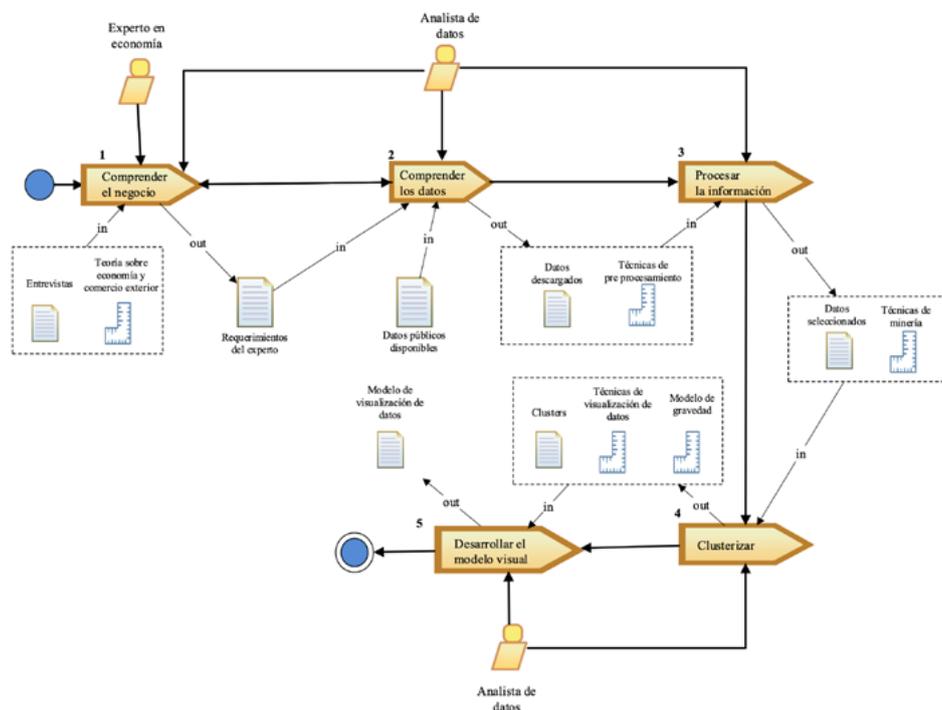
La representación visual de datos es fundamental para la toma de decisiones en el ámbito del comercio exterior, como lo evidencian Jiang et al. (2021) que usan varias gráficas y técnicas de visualización para comprender el comercio exterior a nivel mundial, identificando tendencias y comportamientos comerciales significativos.

### Materiales y Métodos

El presente estudio está fundamentado en el método denominado CRISP-DM, que es ampliamente utilizado en investigaciones que involucran el tratamiento y la minería de datos. Este método se compone de cinco fases iterativas principales, que permiten un desarrollo completo del modelo de la minería de datos y la obtención de un producto final integral (IBM, 2021).

Por lo general, los investigadores que aplican este método avanzan a través de las diferentes fases del proyecto según sea necesario para mejorar la calidad de los datos y el modelo, de acuerdo con los objetivos del negocio (Saltz, 2021). CRISP-DM se basó en la metodología de descubrimiento de conocimiento en bases de datos (KDD) (Timarán Pereira et al., 2015) y se tomó como referencia para establecer la presente investigación, cuyas fases son: i) Comprender el negocio, ii) Comprender los datos, iii) Procesar la información, iv) Aplicar minería de datos (clusterizar), y v) Desarrollar el modelo visual. En la Figura 1 se presenta la metodología implementada en la investigación.

**Figura 1**  
Metodología utilizada en la investigación



### Comprender el negocio

En la primera etapa de esta investigación se realizó la comprensión del negocio, la misma que tuvo a varios involucrados como son los expertos en el área de economía, estudios internacionales y el analista de datos, así como la lectura de artículos científicos sobre el funcionamiento de exportaciones, partidas, entre otros temas fundamentales. Los expertos en economía manifestaron el apoyo que representa el poseer modelos visuales para detectar

comportamientos, cambios y tendencias dentro del comercio exterior en el Ecuador. Por lo tanto, se identificó la necesidad de desarrollar gráficos con técnicas de visualización de datos que permitan una mejor comprensión de la información del comercio exterior, y que permitan la rápida interpretación e identificación de patrones de comercio en todo el mundo. Para lograr un análisis completo fue fundamental el uso de gráficos geoespaciales y espaciotemporales a una escala mundial, caracterizando así el espacio geográfico de las exportaciones desde Ecuador hacia el mundo.

### Comprender los datos

Una vez definidos los requerimientos de los expertos y la comprensión del negocio en el cual se desarrolló el proyecto para conformar el modelo visual, fue necesario comprender la información que se encuentra en las bases de datos públicas del BCE. Toda la información del BCE fue descargada desde el sitio oficial y procesada hacia archivos de formato xlsx. Estos archivos fueron clasificados por continentes e internamente cada país hace referencia a un archivo xlsx, que a su vez internamente está dividido por años. Todos los datos descargados fueron clasificados en la estructura representada en la Tabla 1, la cual hace referencia al año del registro de exportación, la cláusula de libre a bordo (FOB) en millones de dólares, la cantidad de la exportación en toneladas y el número de partida.

**Tabla 1**  
*Estructura de la información descargada desde el BCE*

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN
Año	Año del registro de exportación.
FOB	Contiene sobre las partidas arancelarias.
Toneladas	Contiene las subsecciones de las partidas arancelarias.
Partida	Contiene el PIB.

Los datos recolectados fueron sobre las exportaciones de Ecuador desde 1990 hasta 2022 para su análisis. Sin embargo, debido a las circunstancias excepcionales causadas por la pandemia de COVID-19, los datos comerciales presentaban anomalías evidentes, debido a fluctuaciones de valores extremadamente anormales causadas por la pandemia. Por lo tanto, se optó por analizar los datos más recientes y libres de irregularidades causadas por situaciones excepcionales, abarcando el periodo comprendido entre 2008 y 2018.

### Procesar la información

En esta fase se realizó la preparación de los datos para el modelo, garantizando su integridad y validez. Esta etapa representó entre el 50% y el 80% del esfuerzo total del proyecto. En el presente estudio, se tomaron en cuenta los archivos que contenían toda la información necesaria sobre las exportaciones de Ecuador al mundo en el periodo de 2008 a 2018. Luego, estos archivos fueron importados a una base de datos relacional, donde se organizó la información y se estructuró en tablas que permitieron realizar operaciones para depurar los datos. En la Tabla 2 se presentan los nombres y descripciones de las tablas que se han utilizado en la base de datos.

**Tabla 2**  
*Tabla de la base de datos de exportaciones.*

NOMBRE DE LA TABLA	DESCRIPCIÓN
COM_CONTINENT	Contiene información de los continentes.

NOMBRE DE LA TABLA	DESCRIPCIÓN
COM_COUNTRY	Contiene información de los países.
COM_ECU_COU_DIST	Contiene la distancia de Ecuador a los países.
COMEX_EXPORT_BCE	Contiene las exportaciones de Ecuador al mundo.
COMEX_PARTIDA	Contiene sobre las partidas arancelarias.
COMEX_PARTIDA_SUB	Contiene las subsecciones de las partidas arancelarias.
COMEX_PBI	Contiene el PBI de los países.

Dado el gran volumen de información resultante y la gran cantidad de atributos en el conjunto de datos, fue necesario seleccionar aquellos atributos que brindaran más información al modelo visual y que cumplan con los objetivos del estudio.

Asimismo, se llevó a cabo un proceso de reconocimiento y limpieza de los datos mediante técnicas de preprocesamiento, con el fin de reducir el ruido y abordar posibles inconsistencias que pudieran existir en la información. Se identificaron datos nulos y aquellos que estaban fuera del rango esperado, con el objetivo de minimizar los errores que podrían surgir en la siguiente etapa. Finalmente, el conjunto de datos obtenido con todas las variables seleccionadas está representado en la Tabla 3, las cuales fueron las bases para la construcción del modelo de clustering y el modelo visual.

**Tabla 3**  
*Variables seleccionadas de exportaciones*

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
EXP_COU_ISO3	Contiene el código ISO3 del nombre del país.
EXP_YEAR	Contiene el año del registro de exportación.
PIB_VALUE	Contiene el valor del PIB del país destino
DISTFROMECU_KM	Contiene las distancias desde Ecuador.
EXP_TON	Contiene el valor de las toneladas.
EXP_DESCNAN	Contienen la descripción de la partida.
EXP_FOB	Contiene el valor de FOB.
PAR_CODIGO	Contiene el código de la partida arancelaria.
PAR_CODIGO_ECU	Contiene el código de la partida en Ecuador.
PAR_NIVEL	Contiene el nivel de la partida arancelaria.
PIB_ECU_VALUE	Contiene el valor del PIB de Ecuador.

### Clusterizar

Una vez que se definió el conjunto de datos, se procedió a aplicar las técnicas de minería de datos, ya que permiten descubrir información oculta que los datos pueden contener. Para ello, es necesario conocer cuál es el flujo comercial de un país que puede ser medido por diferentes modelos, siendo el más importante el modelo de gravedad. Este modelo determina el nivel de relación comercial existente entre dos países, ya que se basa en la ley de gravitación universal de Isaac Newton que permite establecer una relación empírica entre el tamaño económico de un país y el volumen de sus importaciones y exportaciones. En la ecuación 1 se representa el modelo de gravedad de Krugman et al. (2001).

$$T_{ij} = \frac{A \times Y_i \times Y_j}{D_{ij}} \quad (1)$$

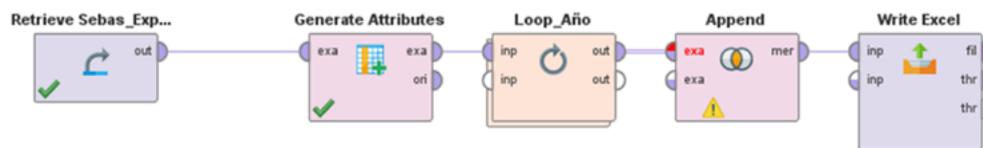
Donde  $A$  es una constante,  $Y_i$  es el PIB del país  $i$ ,  $Y_j$  representa el PIB del país  $j$  y  $D_{ij}$  es la distancia entre los dos países.

Además, se utilizó la técnica de agrupamiento denominada K-means, que segmenta y agrupa la información del conjunto de datos en función de ciertos atributos similares, identificando patrones relevantes para su análisis del comercio exterior (Oyelade et al., 2019). Esta técnica fue aplicada al dataset detallado en la Tabla 3, seleccionando tres variables principales que son toneladas, FOB y PIB, y una variable más obtenida de la Ecuación 1 modelo de gravedad.

En este estudio, utilizó información correspondiente a 11 años de transacciones comerciales a diferentes niveles de partidas arancelarias, lo que dificultó la exploración de patrones. Por lo tanto, se realizó una segmentación por año y por nivel de las partidas arancelarias existentes, filtrando los datos para lograr un análisis más detallado y poder clasificarlos. Sin embargo, el conjunto de datos disponible no contiene suficientes registros para realizar el agrupamiento de las partidas de nivel uno y ocho, por lo que se omitieron en esta etapa de agrupamiento.

**Figura 2**

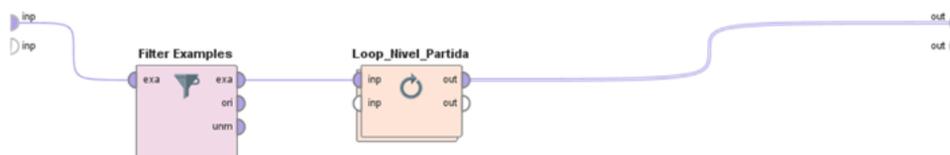
*Proceso implementado en la investigación*



Para aplicar la minería de datos a la información recopilada, se utilizó la herramienta RapidMiner debido a su versatilidad, eficiencia, amplia documentación y una comunidad en línea que brinda soporte. Como se observa en la Figura 2, el proceso comienza agregando el conjunto de datos resultante de la etapa anterior al software. Luego, se generó un atributo único que identifica cada registro, el cual se compone de la combinación del código del país, el código de la partida arancelaria y el año del registro, como por ejemplo “RUS20080603”. A continuación, se realizaron las repeticiones del proceso descrito en los correspondientes años, para cubrir los 11 años de datos. En este proceso, se filtró por cada año de iteración y se agregó otro proceso de repetición para los niveles de las partidas arancelarias como se puede observar en la Figura 3.

**Figura 3**

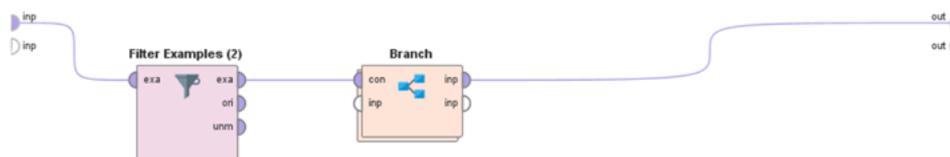
*Proceso de repetición para los años*



De la misma manera que pasó en la iteración por años, dentro del proceso de repetición para los niveles de las partidas arancelarias se realizó un filtrado excluyendo los niveles dos y ocho debido a la escasez de registros correspondientes a dichos niveles.

Para solucionar esta situación, se proporcionó un subproceso para bifurcaciones condicionales en función de las condiciones especificadas para las partidas arancelarias que no sean distintas de uno y ocho, como se muestra en la Figura 4.

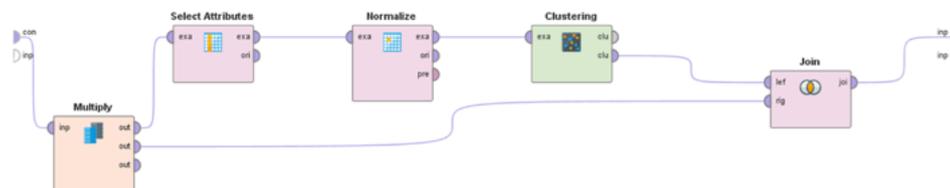
**Figura 4**  
*Proceso iterativo de los niveles de partida arancelaria*



Seguidamente, como se presenta en la Figura 2, se combinaron las tablas resultantes de los modelos, generando una única tabla consolidada con la información analizada. Y, para terminar, se almacenó en un archivo el resultado del análisis que fue utilizado para la creación del modelo visual.

Para la última parte de esta fase en la metodología propuesta, se realizó el proceso de clusterización. Por lo que se realizó una duplicidad de los datos de entrada para posteriormente unirse con los resultados del clustering. Asimismo, se seleccionaron los atributos que fueron utilizados para el proceso de agrupamiento, pero fue necesario normalizar los valores de los atributos seleccionados, ajustando el rango de los valores, igualando la desviación estándar y el promedio de los atributos para realizar el análisis de agrupamiento. Y por último se realizó el agrupamiento de datos seleccionados y normalizados mediante el algoritmo k-means, como se observa en la Figura 5.

**Figura 5**  
*Proceso de clusterización de los datos*



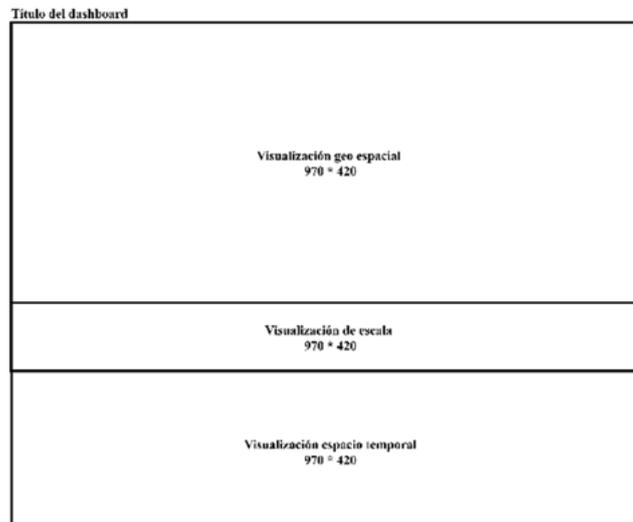
### Desarrollar el modelo visual

En la quinta etapa de esta metodología, se procedió a construir el modelo visual, el cual se desarrolló teniendo en cuenta los requisitos establecidos y definidos por los expertos en la fase inicial. La necesidad de visualizar directamente los cambios en el comercio exterior resultó crucial, por lo que los gráficos principales que conformaron el modelo visual deben tener un enfoque geoespacial y espaciotemporal. Estos gráficos estaban acompañados de representaciones visuales de las variaciones, permitiendo la observación de los cambios en el comportamiento de las exportaciones a lo largo de los años. Para ello, se utilizó una paleta de colores y formas apropiadas que facilitan la detección de cambios a simple vista.

Para esta fase de la metodología se utilizó el software Tableau 2022.2 con la función de geocodificación, que genera coordenadas geográficas que pueden ser aplicadas a los mapas gratuitos de OpenStreetMap (OSM). Estas coordenadas geográficas fueron utilizadas para representar los países en el conjunto de datos después de la etapa de agrupamiento. Se empleó una paleta de colores en gradiente, del rojo al dorado, para resaltar y facilitar la comprensión de los cambios en los valores efectuados en las visualizaciones. Se utilizaron mapas coropléticos junto con la paleta de colores y las visualizaciones geoespaciales, proporcionando una representación visual detallada y en colores para el receptor.

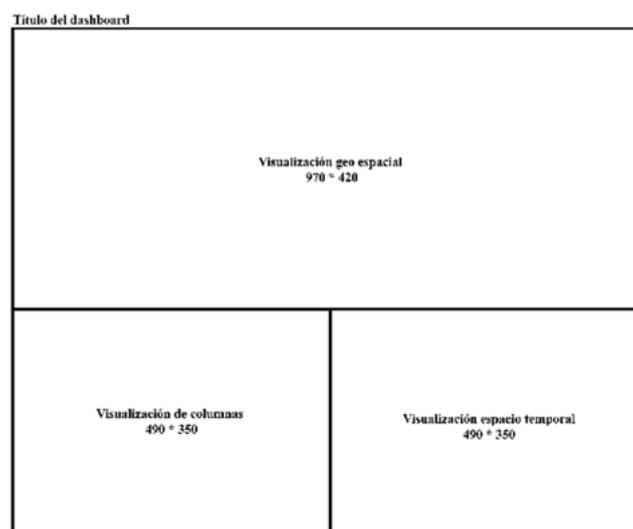
En cuanto a la disposición de las visualizaciones en el modelo visual, se creó un prototipo de interfaz de usuario en forma de maqueta, que incluye las dimensiones y la distribución precisa de las visualizaciones que estaban presentes en los paneles de resumen (dashboards). Estos paneles presentan el mensaje a transmitir a través de las visualizaciones expuestas.

**Figura 6**  
*Tablero de maquetas I*



En este contexto, tal como se muestra en la Figura 6, de acuerdo con los requerimientos de los expertos, se incorporó un gráfico geoespacial como elemento central del modelo visual para facilitar la comprensión de los datos de manera efectiva. En la parte inferior, se encuentra un gráfico de barras o columnas que permite a los expertos visualizar las partidas arancelarias más frecuentes en el comercio exterior de Ecuador. Además, se incluyó un gráfico espaciotemporal que facilita el análisis de las partidas a lo largo del tiempo, proporcionando una visión clara de las variaciones entre las toneladas y el año de exportación. Es importante destacar que, en este caso, las visualizaciones del mapa y las barras permiten filtrar la información dentro de la misma visualización.

**Figura 7**  
*Tablero de maquetas II*



Como se observa en la Figura 7, posee un gráfico geoespacial que representa gran parte de la visualización debido al mensaje que se desea comunicar al receptor. Luego, se ubicó una visualización tipo escala para la representación de los cambios de valores de un determinado atributo en contraste con la visualización geoespacial. Finalmente, se visualizó un gráfico de espacio temporal que representó las variaciones existentes del atributo seleccionado. De este modo, el único filtro en este tablero fue la visualización geoespacial.

**Figura 8**  
*Tablero de maquetas III*



Y, por último, se incluyó una visualización tipo radar, que en conjunto con la visualización geoespacial conformó la parte principal de este tablero, como se observa en la Figura 8. En la parte inferior, existen dos filtros de selección única para la depuración de la información y una escala para intervalos de valores. Adicionalmente, existen dos visualizaciones del mismo tamaño que representan un gráfico de barras de valores promedio filtrados y otra de la paleta de colores del panel, que ayuda a la clasificación.

## Resultados y Discusión

Los primeros resultados obtenidos en esta investigación se derivan de la etapa de clusterización, donde se generaron un total de 66 modelos de clustering que fueron utilizados en la creación del modelo visual. Cada uno de estos modelos cuenta con una tabla interna que resume la información más relevante de cada clúster. Así, en la Tabla 4, se muestran los cinco clústeres obtenidos para el año 2010 y el segundo nivel de partida arancelaria, junto con el número de elementos y los centros correspondientes a cada clúster.

**Tabla 4**  
*Clústeres para el año 2010 con partida arancelaria nivel 2*

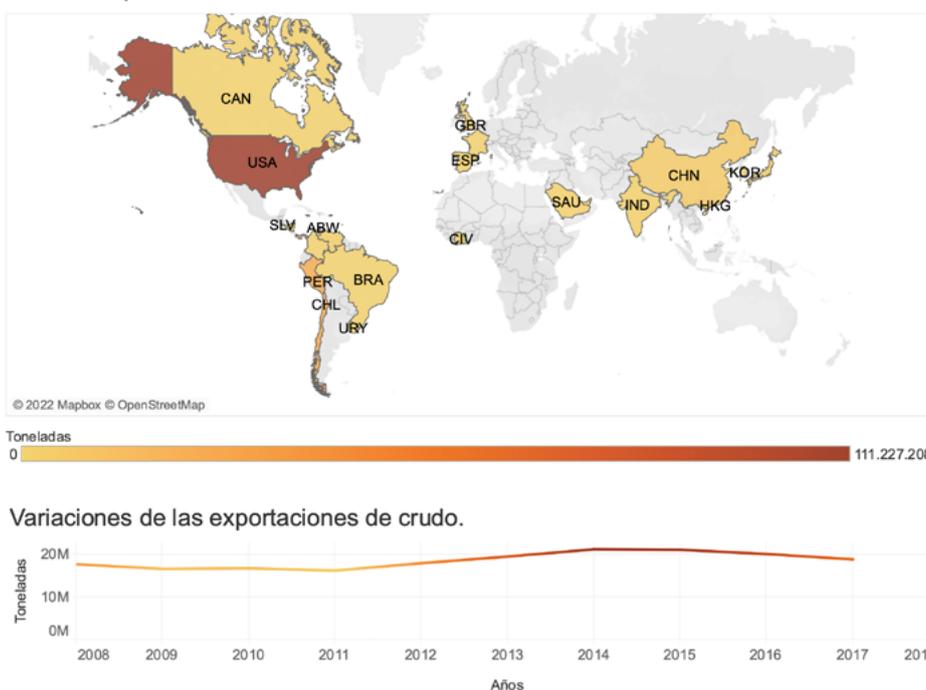
CLÚSTERES	NÚMEROS DE ELEMENTOS	CENTRO DEL CLÚSTER
1	168	0.908
2	2	0.011
3	12	0.011
4	7	0.038
5	6	0.032

El modelo visual constituye la parte central de los resultados de esta investigación, facilitando el análisis de las exportaciones ecuatorianas. Para lo cual, en la Figura 9, se presenta el panel de control que representa las exportaciones de crudo más significativas de Ecuador hacia el resto del mundo. Este panel permite al usuario final filtrar los datos mediante un mapa mundial interactivo, que puede ser visualizado a través de coropletas. Además, con este gráfico espaciotemporal muestra las variaciones en tiempo real de las exportaciones de crudo a lo largo de los años. Cabe destacar que se utilizó una escala de colores para resaltar los países que importan una mayor cantidad de crudo, con tonalidades más intensas de rojo, mientras que los tonos más amarillos se asignan a los países con menor importancia. Esto permitió tener una visualización clara de los principales importadores y los cambios notables que se produjeron a lo largo del tiempo.

**Figura 9**

*Modelo visual de los países importadores del petróleo*

Países importadores de crudo ecuatoriano.



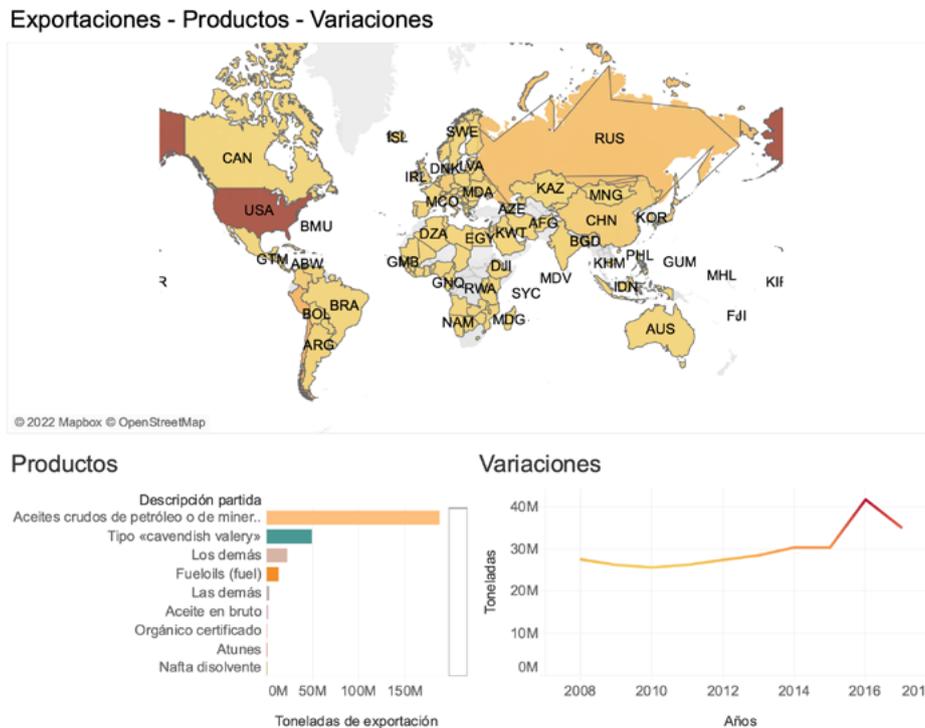
En el segundo panel de control, el usuario final puede analizar las variables más relevantes del comercio exterior de Ecuador. En este panel, se combinaron características como las exportaciones por países, productos y las variaciones existentes para lograr un análisis exhaustivo mediante el modelo visual de manera interactiva con el mapa mundial, como se presenta en la Figura 10. Por consiguiente, el modelo visual proporciona la descripción de las partidas arancelarias más utilizadas por el país seleccionado a través de un gráfico de barras ordenadas descendientemente. Por último, se puede seleccionar una partida arancelaria específica y visualizar las variaciones en las toneladas exportadas a lo largo del tiempo mediante una representación espacio-temporal.

Por último, en el tercer panel se tiene al algoritmo de minería de datos, denominado "Clustering", que a través del conjunto de visualizaciones permite realizar un análisis integral de las exportaciones. De esta manera, se examinó de forma indirecta el FOB, PIB, toneladas y la fuerza del comercio internacional por medio del modelo de gravedad de cada país. Por lo tanto, se seleccionó una partida arancelaria y un año específico para el análisis; acto seguido, el

panel presentó los clústeres existentes y los valores de cada atributo mediante la visualización de un gráfico de radar. Además, se brindó la opción de seleccionar un clúster en particular para filtrar las visualizaciones del mapa y el gráfico de barras, proporcionando información sobre los promedios de atributos correspondientes, como se muestra en la Figura 11.

**Figura 10**

*Modelo visual de las exportaciones, productos y variaciones*



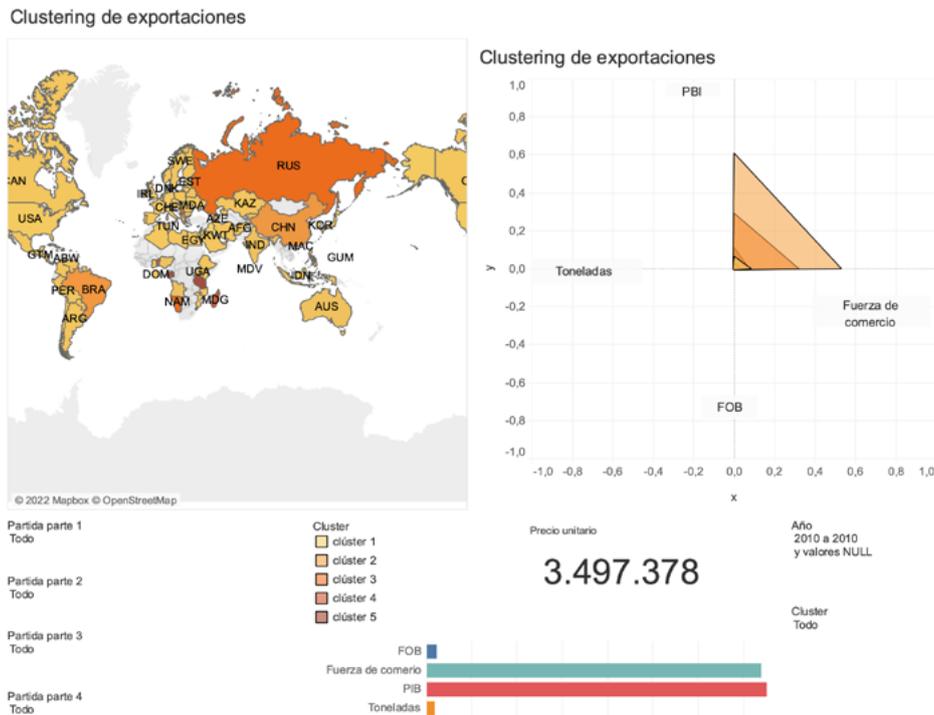
La evaluación de la fuerza del comercio internacional requiere en primera instancia la aplicación del modelo de gravedad, utilizando variables adicionales como el riesgo nacional, la inseguridad y las tasas de educación, entre otras. Estos factores mejoran la precisión de la fuerza del comercio y ofrecen un enfoque adicional para realizar un análisis meticuloso del mercado de exportación. Aunque se utiliza una de las técnicas de minería de datos más relevantes, el análisis de las exportaciones puede ampliarse mediante el uso de otras técnicas bien establecidas como los árboles de decisión y la predicción, lo que permitiría obtener conclusiones diferentes según los objetivos de los expertos.

Esta investigación demostró claramente que existe un consenso en el uso de datos de comercio exterior extraídos de fuentes públicas, coincidiendo con varios autores como Devyatkin et al. (2018), Jiang et al. (2021) y Velichko et al. (2018), quienes resaltan la importancia y utilidad del análisis de los datos generados por las transacciones comerciales, aportando valor a los datos y contribuyendo a la toma de decisiones. Además, se determinó que muchos autores no utilizan principalmente técnicas de visualización en combinación con técnicas de minería de datos, lo que permite un análisis integral de la información pública disponible de cada país en relación con el comercio exterior. En este sentido, se destaca el trabajo de Hui (2018), quien realiza un análisis profundo de los datos comerciales para la aplicación de estrategias de marketing, pero no presenta los resultados a través de visualizaciones de datos, sino a través de resúmenes en forma de tablas. Varios autores, como Boar et al. (2017) y M. Jiang et al. (2018) respaldan la importancia de la visualización de datos para comunicar los resultados de manera efectiva y facilitar su comprensión y difusión. Aunque en el estudio actual se seleccionó un amplio rango

de años para el análisis de las exportaciones ecuatorianas, ampliar el período de tiempo daría lugar a resultados diferentes, mejorando aún más el nivel de detalle del modelo visual al incluir datos excepcionales relacionados con la pandemia. Sería beneficioso utilizar un enfoque similar al desarrollado en este trabajo para obtener resultados diversos y enriquecer el análisis.

**Figura 11**

*Modelo visual de algoritmo de minería de datos en las exportaciones*



## Conclusiones

En este estudio se emplearon técnicas de minería de datos y visualización para desarrollar una serie de modelos visuales que representan las exportaciones de Ecuador al mundo entre 2008 y 2018. La construcción de estos modelos se basa en un diagrama de metamodelo de ingeniería de procesos de software (SPEM), el cual guía los pasos involucrados en la comprensión del negocio, la comprensión de los datos, el procesamiento de la información, la agrupación y la creación del modelo visual.

Una primera etapa del estudio consistió en clasificar los datos disponibles utilizando un enfoque de agrupación, mientras que la etapa del modelo visual involucró la creación de prototipos para el diseño de la visualización y la aplicación de procedimientos probados. Se utilizó una variedad de enfoques de visualización de datos en la creación del modelo visual, lo cual permite a los usuarios comprender y analizar las representaciones de manera eficiente y rápida. Para segmentar el mercado global y explorar en mayor profundidad los datos, se utilizó la técnica de clusterización de la minería de datos, sobre una base de datos creada manualmente a partir de datos públicos obtenidos del BCE. Por lo tanto, el modelo visual desarrollado en este estudio es una herramienta eficiente que facilita la toma de decisiones en el ámbito económico y comercial de las exportaciones ecuatorianas. Lo que permite evaluar gráficamente continentes, países, precios, toneladas, partidas arancelarias y FOB a través de los años de las exportaciones.

Como un trabajo futuro, se destaca la importancia y utilidad del modelo de gravedad para analizar la fuerza del comercio con otras naciones, utilizando factores adicionales como los índices de educación, el riesgo nacional y la inseguridad. Estos factores podrían mejorar la precisión en la medición de la fuerza del comercio y proporcionar otra perspectiva en el estudio

detallado del mercado de exportación. Además, se puede ampliar el análisis de las exportaciones aplicando técnicas conocidas como los árboles de decisión y la previsión con la finalidad de estimar proyecciones de resultados posibles desde diferentes puntos de vista acordes a los objetivos de los expertos.

### Reconocimientos

Los autores desean agradecer al Vicerrectorado de Investigaciones de la Universidad del Azuay por el apoyo financiero y académico, así como a todo el personal de la escuela de Ingeniería de Ciencias de la Computación, y el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática (LIDI).

### Referencias

- Boar, R., Iovanovici, A., y Ciocarlie, H. (2017). Complex networks analysis of international import-export trade. *2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics*, 31-34. <https://doi.org/10.1109/INFORMATICS.2017.8327217>
- Cairo, A. (2011). *El arte de lo funcional: infografía y visualización de información*. Alamut.
- Devyatkin, D., Suvorov, R., Tikhomirov, I., y Otmakhova, Y. (2018). Neural Networks for Food Export Gain Forecasting. *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)*, 312-317. <https://doi.org/10.1109/IS.2018.8710561>
- Hui, Z. (2018). Analysis of International Marketing Strategy Based on Intelligent Mining Algorithm for Big Data. *2018 11th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, 261-264. <https://doi.org/10.1109/ICICTA.2018.00065>
- Jiang, H., Shen, J., Chou, Q., Dong, Z., y Cheng, S. (2021). Visual Analytics for the International Trade. *2021 5th International Conference on Vision, Image and Signal Processing (ICVISP)*, 296-301. <https://doi.org/10.1109/ICVISP54630.2021.00059>
- Jiang, M., Niu, L., Zhang, Y., Wang, Z., y Ren, X. (2018). A Big-Data-Analysis-Based Research Study on the Changes Both in the Dependence on Foreign Trade and in the Trade Structure (2000-2015) of the Yunnan Province of China. *2018 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data y Smart City (ICITBS)*, 235-239. <https://doi.org/10.1109/ICITBS.2018.00068>
- Krugman, P., Obstfeld, M., y Melitz, M. J. (2001). *Economía internacional: Teoría y política*. Pearson education Madrid.
- OpenStreetMap. (s. f.). *OSM*. Recuperado 26 de junio de 2023, de <https://www.openstreetmap.org/#map=7/-1.783/-78.132>
- Oyelade, J., Isewon, I., Oladipupo, O., Emebo, O., Omogbadegun, Z., Aromolaran, O., Uwoghiren, E., Olaniyan, D., y Olawole, O. (2019). Data Clustering: Algorithms and Its Applications. *2019 19th International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA)*, 71-81. <https://doi.org/10.1109/ICCSA.2019.000-1>
- Po, L., Bikakis, N., Desimoni, F., y Papastefanatos, G. (2020). Linked data visualization: techniques, tools, and big data. *Synthesis Lectures on Semantic Web: Theory and Technology*, 10(1), 1-157.
- Vásquez Bernal, J. V. y Tonon Ordóñez, L. B. (2021). Modelo de gravedad de las exportaciones de cacao en grano del Ecuador. *INNOVA Research Journal*.
- Velichko, A., Gribova, V., y Fedorishchev, L. (2018). Simulation Software for Multicommodity Flows Model of Interregional Trade. *2018 3rd Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/RPC.2018.8482140>