



## **Departamento de Posgrados**

**Análisis del Impacto de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario  
para Combatir la Crisis Sanitaria Derivada del COVID-19 en la  
Rentabilidad de Activos Empresariales: Un Análisis Comparativo en  
las Etapas Prepandemia, Pandemia y Pospandemia en el Sector  
Industrial y Manufacturero del Ecuador.**

**Título de cuarto nivel a obtener:**

Magíster en Estadística Aplicada

**Autor:**

Manuel Guamán Velesaca

**Director:**

Julio Mosquera Gutierrez

**Cuenca, Ecuador**

**2025**

## **Dedicatoria**

A mi esposa Sarita, por su amor incondicional, su paciencia y su fortaleza, que me inspiraron a perseverar en cada etapa de este proyecto. A mis hijos, fuente constante de alegría y esperanza, quienes me recordaron cada día la importancia del esfuerzo y la dedicación. Su comprensión y apoyo fueron el motor que me impulsó a culminar esta investigación, que más allá de ser un logro académico, representa también un testimonio de gratitud hacia mi familia, pilar fundamental de mi vida.

## **Agradecimientos**

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, mi segunda casa, por haberme brindado el espacio académico y humano necesario para fortalecer mis conocimientos y consolidar mi formación profesional. Su compromiso con la excelencia y la investigación científica ha sido un referente constante a lo largo de este proceso.

Agradezco de manera especial al director de la Maestría, José F. Córdova, por su liderazgo, visión académica y permanente orientación, que han contribuido al desarrollo de una experiencia formativa de alto nivel.

Asimismo, extiendo mi profundo reconocimiento al profesor Julio Mosquera, director del trabajo de graduación, por su valiosa guía, acompañamiento y rigor científico. Su asesoría constante y su motivación fueron fundamentales para culminar con éxito esta investigación.

## Resumen

La pandemia COVID-19 afectó gravemente la economía ecuatoriana, especialmente al sector manufacturero. En respuesta, en junio de 2020 se promulgó la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario para mitigar la crisis mediante medidas de flexibilización laboral y alivio financiero. Este estudio evalúa el efecto de la Ley sobre la rentabilidad de los activos de las empresas manufactureras ecuatorianas entre 2017 y 2024, utilizando información de la Superintendencia de Compañías y algoritmos de aprendizaje automático (K-Means, DBSCAN y K-NN). Los resultados revelan impactos heterogéneos y diferencias estadísticamente significativas en la rentabilidad según el tamaño empresarial, destacando la importancia de la resiliencia financiera pospandemia.

Palabras clave: rentabilidad del activo, manufactura, Ley Orgánica de Apoyo Humanitario, aprendizaje automático, resiliencia financiera pospandemia, Ecuador.

## Abstract

The COVID-19 pandemic severely affected Ecuador's economy, particularly the manufacturing sector. In response, the Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (Organic Law of Humanitarian Support) was enacted in June 2020 to mitigate the crisis through labor flexibility and financial relief measures. This study evaluates the effect of the Law on the Return on Assets of Ecuadorian manufacturing firms between 2017 and 2024, using financial data from the Superintendence of Companies and applying machine learning algorithms (K-Means, DBSCAN, and K-Nearest Neighbors). The results reveal heterogeneous impacts and statistically significant differences in profitability according to firm size, underscoring the importance of financial resilience in the post-pandemic recovery of the manufacturing sector.

Keywords: return on assets, manufacturing, Humanitarian Support Law, machine learning, post-pandemic financial resilience, Ecuador.

## Índice de Contenidos

|                                                                  |      |
|------------------------------------------------------------------|------|
| Dedicatoria .....                                                | II   |
| Agradecimientos.....                                             | III  |
| Resumen .....                                                    | IV   |
| Abstract .....                                                   | IV   |
| Índice de Contenidos.....                                        | V    |
| Índice de Tablas .....                                           | VII  |
| Índice de Figuras.....                                           | VIII |
| Introducción .....                                               | 9    |
| Objetivo General .....                                           | 12   |
| Laboratorio 1: Enfoque Descriptivo e Inferencial .....           | 13   |
| Objetivos .....                                                  | 13   |
| Métodos .....                                                    | 13   |
| Diseño de la Investigación .....                                 | 13   |
| Recopilación de datos y población .....                          | 13   |
| Variables utilizadas .....                                       | 14   |
| Resultados y discusión .....                                     | 16   |
| Conclusiones parciales y posibles limitaciones.....              | 28   |
| Laboratorio 2: Enfoque Machine Learning .....                    | 29   |
| Objetivos.....                                                   | 29   |
| Métodos .....                                                    | 29   |
| Resultados y discusión .....                                     | 30   |
| Características principales de los cluster .....                 | 34   |
| La informalidad en el sector manufacturero ecuatoriano .....     | 36   |
| Crecimiento sector manufacturero pospandemia .....               | 36   |
| Análisis de cluster por período.....                             | 37   |
| Conclusiones parciales y posibles limitaciones del estudio ..... | 40   |
| Laboratorio 3: Enfoque Toma de Decisiones.....                   | 41   |
| Objetivos .....                                                  | 41   |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Métodos .....                                                    | 41 |
| Resultados y discusión .....                                     | 42 |
| Empresas en recuperación y empresas en deterioro .....           | 44 |
| Entrenamiento K-NN y resultados iniciales .....                  | 46 |
| Iteraciones del modelo K-NN .....                                | 47 |
| Conclusiones parciales y posibles limitaciones del estudio ..... | 49 |
| Laboratorio 4: Enfoque de Robustez .....                         | 50 |
| Objetivo.....                                                    | 50 |
| Métodos .....                                                    | 50 |
| Laboratorio 2.....                                               | 50 |
| Evaluación K-Means .....                                         | 50 |
| Evaluación DBSCAN .....                                          | 53 |
| Laboratorio 3.....                                               | 53 |
| Modelo supervisado K-NN .....                                    | 53 |
| Conclusiones y limitaciones .....                                | 54 |
| Conclusiones Generales .....                                     | 56 |
| Referencias bibliográficas .....                                 | 57 |

## Índice de Tablas

|          |                                                                                        |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1  | <i>Variables utilizadas en el estudio</i> .....                                        | 14 |
| Tabla 2  | <i>Ratios Financieros</i> .....                                                        | 15 |
| Tabla 3  | <i>Datos atípicos por tamaño de empresa según rango intercuartílico</i> .....          | 17 |
| Tabla 4  | <i>Datos atípicos por período según rango intercuartílico</i> .....                    | 18 |
| Tabla 5  | <i>Estadísticas de ratios financieros por período de empresas manufactureras</i> ..... | 20 |
| Tabla 6  | <i>Estadísticas de ratios financieros por tamaño de empresa manufactureras</i> .....   | 21 |
| Tabla 7  | <i>Resultados prueba Scheirer_Re_Hare</i> .....                                        | 23 |
| Tabla 8  | <i>Medianas del ROA por períodos y tamaño de empresas del sector manufactura</i> ..... | 24 |
| Tabla 9  | <i>Test Conover-Iman de comparaciones del ROA por tamaño de empresas</i> .....         | 25 |
| Tabla 10 | <i>Test Conover-Iman de comparaciones del ROA por periodos</i> .....                   | 25 |
| Tabla 11 | <i>Resumen general del test de Conover-Iman</i> .....                                  | 25 |
| Tabla 12 | <i>Perfilamiento de los primeros 7 componentes principales</i> .....                   | 32 |
| Tabla 13 | <i>Informe de centroides</i> .....                                                     | 33 |
| Tabla 14 | <i>Caracterización de cluster en el contexto del COVID-19 y la LAOH</i> .....          | 34 |
| Tabla 15 | <i>Estadísticas por cluster</i> .....                                                  | 36 |
| Tabla 16 | <i>Comportamiento de la rentabilidad del activo (ROA) por cluster</i> .....            | 36 |
| Tabla 17 | <i>Empresas únicas por cluster y período</i> .....                                     | 36 |
| Tabla 18 | <i>ROA promedio por cluster y período</i> .....                                        | 37 |
| Tabla 19 | <i>Comparación Cluster Atípicos - Población</i> .....                                  | 39 |
| Tabla 20 | <i>Estadísticas descriptivas: Variación del ROA Pospandemia vs Pandemia</i> .....      | 43 |
| Tabla 21 | <i>Métricas de rendimiento K=5</i> .....                                               | 46 |
| Tabla 22 | <i>Comparativa de métricas K-NN</i> .....                                              | 47 |
| Tabla 23 | <i>Supuestos analizados para cada modelo</i> .....                                     | 50 |
| Tabla 24 | <i>Resultados de pruebas de normalidad de Jarque-Bera y Shapiro-Wilk</i> .....         | 51 |

## Índice de Figuras

|            |                                                                                     |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1   | <i>Serie temporal del ROA promedio del Sector Manufacturero (2017-2024)</i>         | 17 |
| Figura 2   | <i>Evolución del roa (2017-2024)</i>                                                | 18 |
| Figura 3   | <i>Gráfica de correlación del activo total con el ROA</i>                           | 19 |
| Figura 4   | <i>Gráfica de correlación del ROA con el patrimonio neto</i>                        | 19 |
| Figura 5   | <i>Gráficas de normalidad</i>                                                       | 23 |
| Figura 6   | <i>Distribución del ROA por tamaño de empresa y período</i>                         | 24 |
| Figura 7   | <i>Estadístico T por tamaño de empresas manufactureras</i>                          | 26 |
| Figura 8   | <i>Estadístico T por período prepandemia, pandemia y pospandemia</i>                | 26 |
| Figura 9   | <i>Mapa de calor del coeficiente de correlación de Spearman</i>                     | 27 |
| Figura 10  | <i>Mapa de calor con matriz de cargas de los primeros 7 componentes principales</i> | 31 |
| Figura 11  | <i>Clustering K-means</i>                                                           | 33 |
| Figura 12  | <i>Distribución del ROA por cluster</i>                                             | 35 |
| Figura 13  | <i>ROA Promedio por período pandémico y por cluster</i>                             | 37 |
| Figura 14  | <i>Identificación de atípicos dimensión PC1-PC2</i>                                 | 39 |
| Figura 15  | <i>Incremento del ROA Promedio Pospandemia vs Pandemia (tanto por uno)</i>          | 43 |
| Figura 16  | <i>Box Plot comparativo: Empresas en recuperación vs empresas en deterioro</i>      | 44 |
| Figura 17  | <i>Recuperación del ROA en Pospandemia</i>                                          | 45 |
| Figura 18  | <i>Matriz de confusión K-NN K=7</i>                                                 | 47 |
| Figura 19  | <i>Curvas comparativas de Modelos K-NN</i>                                          | 48 |
| Figura 20  | <i>Q-Q Plot Ratios Financieros</i>                                                  | 51 |
| Figura 21  | <i>Distribución del ROA</i>                                                         | 52 |
| Figura 22  | <i>Residuos vs. valores ajustados (K-means)</i>                                     | 52 |
| Figura 23  | <i>Homocedasticidad, normalidad y patrones del modelo DBSCAN</i>                    | 53 |
| Figura 24. | <i>Mapa de calor- Matriz de Correlación de Spearman</i>                             | 54 |



## Introducción

La pandemia COVID-19 impactó significativamente en la economía ecuatoriana, afectando en particular al sector industrial y manufacturero. En junio de 2020 se promulgó la “Ley Orgánica de Apoyo Humanitario para Combatir la Crisis Sanitaria Derivada del COVID-19” (LOAH), con el objetivo de mitigar los efectos de la crisis y fomentar la reactivación de las economías familiares, empresariales, la popular y solidaria, así como preservar el empleo.

Los principales aspectos de la LOAH permitían acuerdos entre empresarios y trabajadores para modificar las condiciones contractuales sin que esto derive en despidos y propiciaba la reprogramación y concesión de nuevos créditos para el sector productivo.

Con la superación del período pandémico es importante evaluar si la mencionada ley ha cumplido su propósito en un sector estratégico de la economía, como el industrial y manufacturero, ubicado en el grupo C de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de las Naciones Unidas (CIIU).

De acuerdo con datos oficiales, el Producto Interno Bruto (PIB) del Ecuador ascendió a 107 656 millones de dólares en 2019 y, según cifras preliminares, alcanzó 113 123 millones en 2024. En este contexto, el sector manufacturero representó una contribución del 11,8% y del 13% en cada uno de esos años, respectivamente, manteniéndose como uno de los pilares del crecimiento económico nacional durante el período analizado (Banco Central del Ecuador, 2025).

Según la Encuesta Estructural Empresarial (ENSEM) de 2023, la composición del Producto Interno Bruto (PIB) del sector manufacturero ecuatoriano, desagregada por tamaño empresarial, refleja que las empresas grandes aportan aproximadamente el 60%, las medianas el 25%, y las micro y pequeñas el 15%, lo que evidencia una alta concentración de la producción manufacturera en las firmas de mayor escala. (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2025)

Varios investigadores como: Ontaneda et al. (2024) han tratado de cuantificar el impacto de la crisis sanitaria y la recuperación de las empresas mediante el uso de indicadores financieros. Afirmaron que la crisis generada por el COVID-19 afectó principalmente a las micro y pequeñas empresas ecuatorianas; y, que a pesar de que los efectos negativos de la pandemia se extendieron hasta el 2021, varios indicadores financieros mostraron mejora, pero no llegaron a niveles previos a la crisis.

Por otro lado, la incidencia desigual de la pandemia en función del tamaño empresarial es un fenómeno que trasciende a las economías de Ecuador y Latinoamérica. Esta tendencia se corrobora en el este de Asia, donde una investigación sobre el sector industrial de Taiwán realizada por Chiang et al. (2023) determinó que el impacto en las grandes corporaciones fue menos severo.

También es importante considerar que en los esfuerzos por identificar y cuantificar el impacto de la crisis desatada por la pandemia es importante considerar que – como Ecuador- algunos países tomaron medidas para apalea ese impacto. Un estudio realizado con 15 empresas mexicanas,

concluyó que la pandemia de COVID-19 afectó significativamente la relación entre la actividad económica y la rentabilidad causando aumentos en las variaciones del margen de ganancia neta. Ese aumento podría deberse a que las empresas incrementaron su eficiencia operativa o su participación en la actividad económica, posiblemente ayudadas por los apoyos gubernamentales implementados (Gurrola Ríos & Moreles Castro, 2021).

Entre otros países que tomaron medidas para evitar la quiebra masiva de empresas durante el COVID-19 está Serbia que protegió a los empleados con subsidios y logró una disminución del empleo precario en el 2020 (Vuksanovic & Aleksic, 2025) .

En el caso ecuatoriano la LOAH permitió cambios de mutuo acuerdo en los términos de las relaciones laborales, para alivianar el costo laboral de las empresas y creó condiciones favorables en el sistema financiero para reprogramar el pago de la deuda e intereses del sector empresarial. En referencia al primer aspecto, hay investigaciones que, como el de Cabezas (2020), sostienen que el caduco esquema jurídico laboral ecuatoriano impidió que en la práctica trabajadores y empresarios se beneficien de las disposiciones de la Ley que estuvo vigente hasta junio de 2022.

En este estudio, se utilizaron variables financieras tomadas de las bases de datos de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador (2025) para analizar impacto de la LOAH en la rentabilidad de los activos de las empresas del sector manufacturero, en el contexto de la crisis ocasionada por el COVID-19, usando indicadores financieros, modelos estadísticos y técnicas de Machine Learning.

En el Laboratorio 1, Enfoque Descriptivo e Inferencial, realizamos un análisis exploratorio de la información contable del sector manufacturero, obtenida de las bases de datos de la SCVS con el propósito de conocer y entender la estructura financiera y la evolución los principales indicadores de desempeño de este sector en el período 2017 al 2024.

En el Laboratorio 2, Enfoque Machine Learning, segmentamos a las empresas del sector manufacturero mediante técnicas de agrupamiento no supervisado con el fin de identificar grupos homogéneos según las características de indicadores financieros clave, analizamos también la evolución de la rentabilidad del activo (ROA) en dichos grupos para determinar las diferencias en el desempeño antes, durante y después de la pandemia, evaluando el impacto de las medidas de flexibilización laboral y alivio financiero establecidas en la LOAH.

En el Laboratorio 3. Enfoque toma de decisiones, implementamos un modelo de clasificación supervisado basado en K-Nearest Neighbors (K-NN) para estimar la probabilidad de recuperación del ROA en las empresas manufactureras, utilizando como variables explicativas los ratios financieros observados durante los periodos en estudio. Asimismo, busca determinar los factores financieros y estructurales que explican el desempeño pospandemia, con el fin de evaluar la efectividad de las medidas propuestas por la LOAH.

Finalmente, en el Laboratorio 4, Enfoque Robustez y Validación validamos los supuestos de los modelos estadísticos aplicados.

El estudio concluye que los impactos son heterogéneos y hay diferencias estadísticamente significativas en la rentabilidad de los activos según el tamaño de las empresas, destacando la importancia de la resiliencia financiera en la pospandemia.

## **Objetivo General**

Analizar el impacto la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario para Combatir la Crisis Sanitaria Derivada del COVID-19 en la rentabilidad de los activos de las empresas del sector industrial y manufacturero del Ecuador.

## Laboratorio 1: Enfoque Descriptivo e Inferencial

### Objetivos

- Caracterizar la estructura financiera de las empresas del sector industrial y manufacturero ecuatoriano, según su tamaño empresarial (micro, pequeña, mediana y grande), utilizando variables absolutas y ratios.
- Describir y comparar la evolución de los principales indicadores y ratios financieros de las empresas durante los periodos prepandemia (2017–2019), pandemia (2020–2021) y pospandemia (2022–2024), con el fin de reconocer patrones y variaciones asociadas a la crisis del COVID-19 y la vigencia de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (LOAH).

### Métodos

#### Diseño de la Investigación

La presente investigación adoptó un enfoque cuantitativo y un análisis comparativo entre grupos para analizar los efectos del COVID-19 y la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario en la rentabilidad de los activos (ROA) de las empresas. Para identificar diferencias en el ROA por el tamaño se analizó la evolución de algunas variables financieras absolutas y ratios en tres periodos clave: antes, durante y después de la pandemia.

#### Recopilación de datos y población

Los datos se obtuvieron de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS) que constituye una fuente de información secundaria que forma parte de los registros públicos de entidades del Gobierno Ecuatoriano y guarda información anual reportada por cada una de las empresas que están bajo su control y vigilancia. Las principales variables financieras que se consideraron se describen en la Tabla 1.

La población de estudio estuvo conformada por todas las empresas del sector industrial y manufacturero del Ecuador que de acuerdo a la Codificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) está incluida en el grupo C. El estudio tomó los datos desde el año 2017 hasta el año 2024 con un total de 60 224 observaciones que corresponden a 11 535 empresas.

Con el fin de garantizar la integridad, coherencia y fiabilidad de la información utilizada, se adoptaron las siguientes consideraciones durante el tratamiento de los datos:

- Se eliminaron los registros con valores inferiores a 400 dólares americanos en el activo, pasivo, patrimonio y ventas
- Se eliminaron los registros de empresas con valores iguales o superiores a 400 dólares que no reportaron el costo de los productos vendidos o gastos operacionales.
- Se eliminaron los registros de empresas con datos faltantes.

Luego del tratamiento, se obtuvo un conjunto de datos limpio con 27 329 observaciones con variables de 6 447 empresas únicas.

### Variables utilizadas

En el estudio se utilizaron 23 variables que incluyeron datos de identificación de las empresas, su sector económico, ubicación geográfica, tamaño y agregados de los estados financieros por año fiscal, según el detalle de la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Variables utilizadas en el estudio*

| Nombre                | Tipo       | Descripción                                                                        |
|-----------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Expediente            | Texto      | Número identificador de la compañía otorgado por la SCVS.                          |
| Año                   | Numérica   | Año fiscal del estado financiero reportado                                         |
| Región                | Texto      | Región donde está domiciliada la compañía.                                         |
| Provincia             | Texto      | Provincia donde está domiciliada la compañía.                                      |
| Período               | Categórica | Períodos prepandemia, pandemia y pospandemia.                                      |
| Tamaño                | Categórica | Criterio CEPAL: Microempresa, pequeña, mediana y grande.                           |
| Código subsector CIIU | Categórica | Subsector del sector manufacturero al que pertenece la empresa según el CIIU       |
| Número de Empleados   | Numérica   | Número de empleados registrado en el estado financiero                             |
| Activo                | Numérica   | Recursos económicos que se espera generen beneficios futuros.                      |
| Activo corriente      | Numérica   | Activos que se convertirán en efectivo, venderán o usarán antes de un año.         |
| Inventarios           | Numérica   | Valor de inventarios registrado en el estado financiero.                           |
| Activo no corriente   | Numérica   | Activos que se convertirán en efectivo, venderán o usarán después de un año.       |
| Pasivo                | Numérica   | Sumatoria de los pasivos registrado en el estado financiero.                       |
| Pasivo corriente      | Numérica   | Deudas y obligaciones por liquidar en menos de un año.                             |
| Pasivo no corriente   | Numérica   | Deudas y obligaciones por liquidar después de un año.                              |
| Patrimonio            | Numérica   | Sumatoria del patrimonio registrado en el estado financiero.                       |
| Ventas                | Numérica   | Sumatoria de las ventas registradas en el estado financiero.                       |
| Costo de ventas       | Numérica   | Costo de los productos vendidos acumulados en el período reportado                 |
| Deuda financiera      | Numérica   | Deuda que genera costos financieros                                                |
| Intereses             | Numérica   | Gastos financieros registrados en estado financiero                                |
| Remuneraciones        | Numérica   | Gasto por sueldos y salarios registrado en estado financiero                       |
| Utilidad bruta        | Numérica   | Diferencia entre las ventas y el costo de los productos vendidos                   |
| Utilidad operativa    | Numérica   | Diferencia entre las ventas el costo de los productos vendidos y gastos operativos |

Para lograr análisis robustos de las cifras financieras de empresas se calcularon varias razones o ratios financieros. En la Tabla 2 consta el detalle completo incluyendo definiciones y fórmulas de cálculo.

**Tabla 2**  
*Ratios Financieros*

| <b>Nombre del ratio</b>                            | <b>Descripción</b>                                                                     | <b>Fórmula</b>                                                      |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Deuda financiera a pasivo                          | Porcentaje de la deuda financiera sobre el pasivo                                      | Deuda financiera / Pasivo                                           |
| Intereses a deuda financiera                       | Porcentaje de intereses con respecto al pasivo                                         | Intereses / Deuda financiera                                        |
| Liquidez ácida                                     | Indica la disponibilidad de efectivo para cubrir las obligaciones de corto plazo.      | (Activo corriente-Inventarios) / Pasivo Corriente                   |
| Ventas a empleados                                 | Mide la capacidad para generar ventas por empleado                                     | Ventas / Número de empleados                                        |
| Remuneraciones a costo de ventas                   | Medida de eficiencia laboral útil para comparaciones temporales                        | Remuneraciones / Costo de Ventas                                    |
| Número de empleados en relación al costo de ventas | Medida de productividad de los empleados útil para comparaciones temporales            | Número empleados / Costo de ventas                                  |
| Margen bruto                                       | Utilidad en ventas considerando únicamente el costo de los productos                   | Utilidad bruta / Ventas                                             |
| Margen operativo                                   | Mide la capacidad de generar beneficios antes de los costos por intereses e impuestos. | Utilidad operativa / Ventas                                         |
| Endeudamiento corto plazo                          | Proporción de las deudas totales que deben pagarse en el corto plazo                   | Pasivo corriente / Pasivo                                           |
| Apalancamiento                                     | Mide la relación de la deuda total sobre los recursos propios                          | Pasivo / Patrimonio                                                 |
| Ventas netas por empleado                          | Mide la eficiencia en generación de ingresos                                           | Ventas / Número de empleados                                        |
| Utilidad neta por empleado                         | Mide la rentabilidad laboral                                                           | Utilidad neta / Número de empleados                                 |
| Valor agregado por empleado                        | Medición integral del aporte laboral                                                   | (Utilidad operativa + Remuneraciones totales) / Número de empleados |
| Remuneraciones sobre ventas                        | Medición de la presión salarial                                                        | Remuneraciones totales / ventas x 100                               |
| Activos por empleado                               | Mide la intensidad de capital por trabajador                                           | Activo Total / Número de empleados                                  |
| Margen Neto                                        | Mide el porcentaje de utilidad sobre las ventas                                        | Utilidad neta / Ventas *100                                         |
| ROE                                                | Mide la rentabilidad del patrimonio                                                    | Utilidad neta / Patrimonio                                          |
| ROA                                                | Mide la rentabilidad del Activo                                                        | Utilidad neta / Activo                                              |
| Solvencia o capital                                | Mide el financiamiento propio.                                                         | Patrimonio / Activo                                                 |

Se definieron como período prepandemia los años 2017, 2018 y 2019; pandemia los años 2020 y 2021; y, como pospandemia los años 2022, 2023 y 2024, de acuerdo con la cronología oficial registrada en Ecuador.

Con el propósito de garantizar la coherencia en los análisis y comparaciones, el tamaño de las empresas se recalculó conforme al criterio establecido por la CEPAL, utilizando como referencia el valor total de los activos en el primer año con el registro disponible para cada empresa. Este valor se mantuvo constante y se aplicó a los registros correspondientes de los años posteriores.

En la etapa inicial del análisis exploratorio, se aplicaron diagramas de caja y bigotes junto con la técnica del rango intercuartílico con el propósito de detectar valores atípicos en la variable de análisis ROA. La presencia de estos valores extremos podría distorsionar la distribución de los indicadores financieros y afectar la validez de las comparaciones entre periodos y tamaños empresariales. Por tal motivo, se procedió a la winsorización de las razones financieras, con el fin de reducir la influencia de observaciones extremas sin eliminar información relevante del conjunto de datos. Esta depuración permitió orientar el análisis hacia la comprensión de las relaciones entre la variable de estudio, los efectos de la pandemia y la LOAH, priorizando el comportamiento promedio del sector empresarial por sobre los casos atípicos o excepcionales.

La literatura señala que los datos financieros absolutos y los ratios, no siguen distribuciones normales. La validación sobre el ROA se realizó mediante gráficas de Q-Q plot y el test de Jarque-Bera en atención al número de observaciones y la winsorización que se aplicó a esta variable.

En el contexto del estudio, para entender los cambios en la rentabilidad y posibles relaciones con la liquidez, endeudamiento y eficiencia de las empresas se realizó un mapa de correlación de Spearman.

Para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas del ROA por tamaño de empresas y período se utilizó la prueba de Scheirer-Ray-Hare apropiada para datos no paramétricos winsorizados y como prueba pos-hoc el test de Conover-Iman, robusta para análisis económicos y financieros.

El análisis de los datos y la codificación se realizó con el software RStudio y si incluyeron:

- Medidas de tendencia central y dispersión para describir los datos generales y la consistencia de la rentabilidad de las empresas por tamaño y período.
- Análisis de varianza para evaluar diferencias significativas de la rentabilidad entre grupos de empresas y períodos de pandemia.
- Análisis de correlación para evaluar la rentabilidad de los activos de las empresas con sus características de liquidez, endeudamiento y productividad.

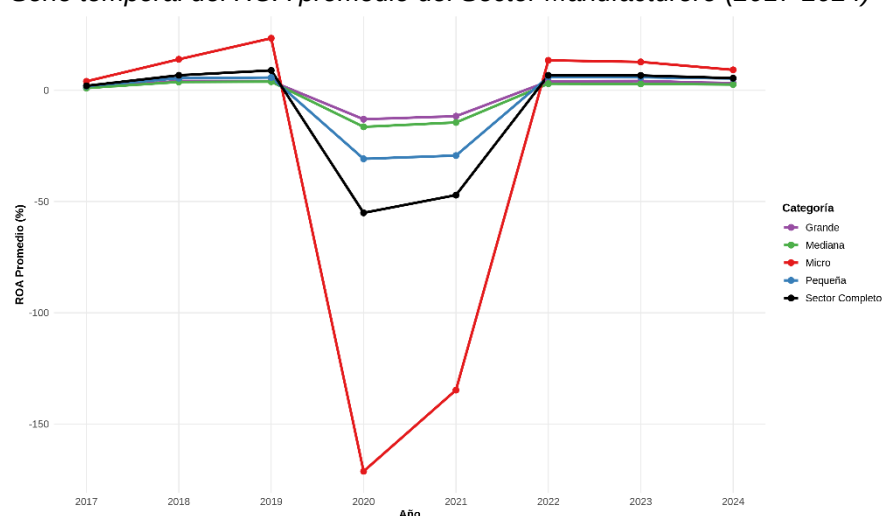
## Resultados y discusión

En la Figura 1 se puede apreciar que hasta el año 2019, la rentabilidad promedio de los activos de las empresas del sector manufacturero en general (línea negra), presentaba una recuperación leve, pero manteniéndose en un rango aproximado entre 0 y 15%, destacándose las microempresas (línea roja) por tener un nivel más alto y crecimiento pronunciado.



**Figura 1**

*Serie temporal del ROA promedio del Sector Manufacturero (2017-2024)*



*Nota: ROA promedio calculado con datos no winsorizados*

Con la llegada de la pandemia, el roa promedio del 2020, en todo el sector tiene una caída pronunciada afectando más a las microempresas, el año 2021 y 2022 marcan la recuperación; y, el 2023 y 2024 son periodos de estabilización en niveles moderados.

Sin embargo, esta visión general y sobre todo comparación de los promedios entre tamaños, puede ser inexacta por cuanto en cada grupo de empresas pueden existir datos atípicos que afectan los promedios.

El análisis de datos atípicos por el método del rango intercuartílico mostró que el 18.66% de los indicadores financieros tienen esta característica. Los detalles por tamaño de empresa y por periodos de pandemia constan en las Tablas 3 y 4 respectivamente.

**Tabla 3**

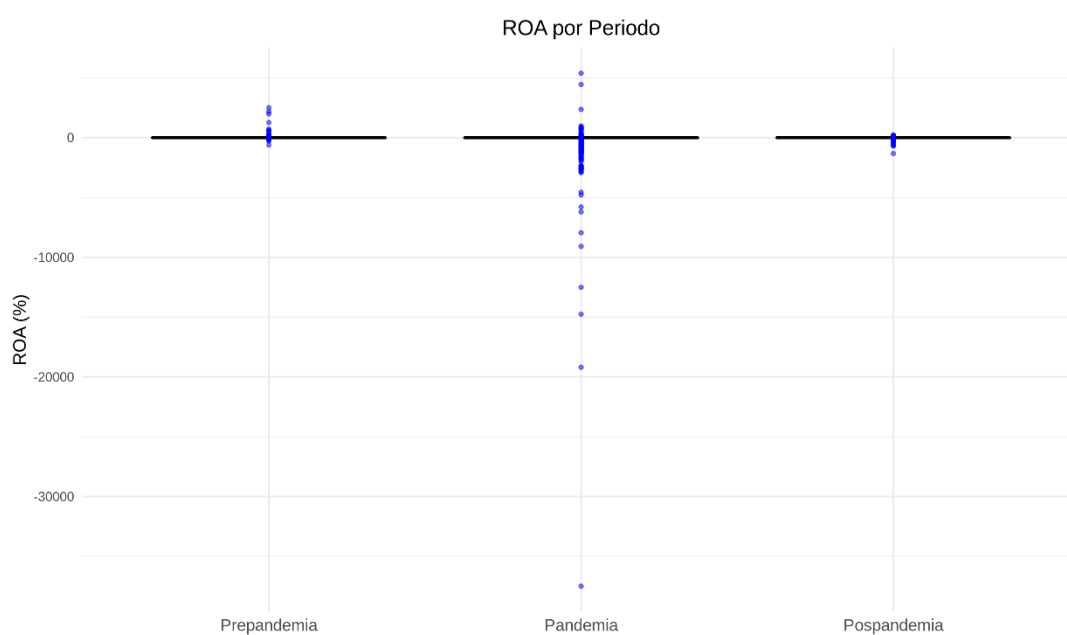
*Datos atípicos por tamaño de empresa según rango intercuartílico*

| Tamaño  | Normal | Atípico | Total | Atípicos (%) |
|---------|--------|---------|-------|--------------|
| Grande  | 4460   | 424     | 4884  | 8,68         |
| Mediana | 5508   | 617     | 6125  | 10,07        |
| Micro   | 4169   | 2335    | 6504  | 35,90        |
| Pequeña | 8093   | 1723    | 9816  | 17,55        |
| Totales | 22230  | 5099    | 27329 | 18,66        |

El 35% de datos atípicos de todo el período se concentra en las microempresas y según el gráfico de caja de bigotes de la Figura 2 que muestra la evolución del ROA, la presencia de datos atípicos extremos se da durante la pandemia (observaciones que superan el 30 mil por ciento).

**Tabla 4***Datos atípicos por período según rango intercuartílico*

| Período     | Normal | Atípico | Total | Atípicos (%) |
|-------------|--------|---------|-------|--------------|
| Pandemia    | 4146   | 2385    | 6531  | 36,52        |
| Pospandemia | 9244   | 1939    | 11183 | 17,34        |
| Prepandemia | 8840   | 775     | 9615  | 8,06         |
| Totales     | 22230  | 5099    | 27329 | 18,66        |

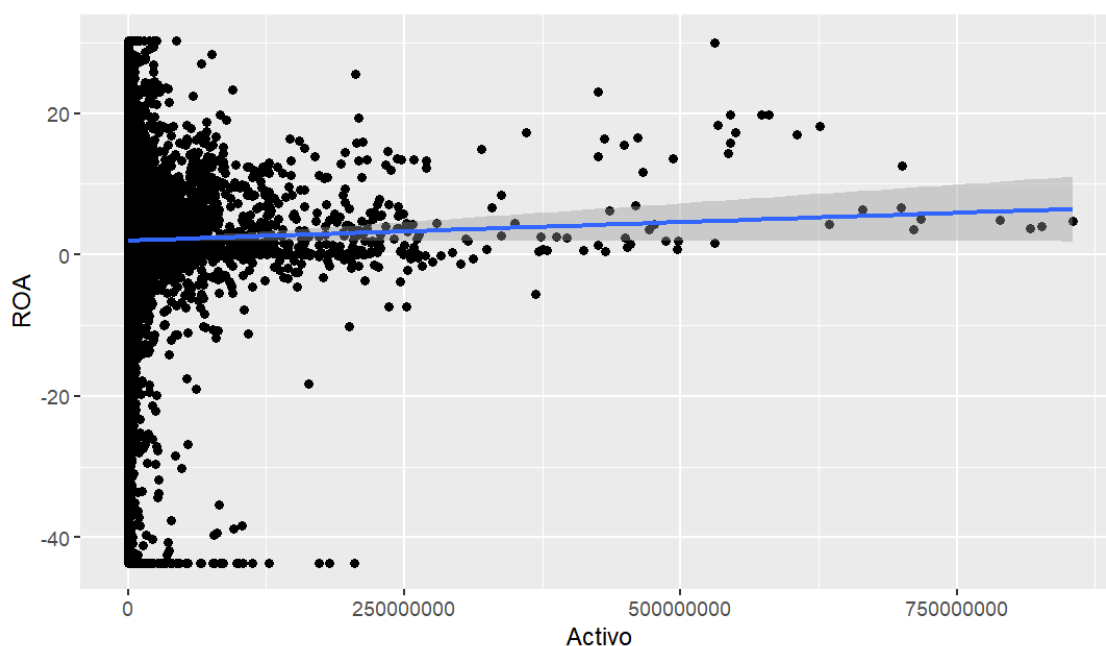
**Figura 2***Evolución del roa (2017-2024)*

Se exploraron gráficamente posibles correlaciones de nuestra variable de análisis con variables financieras absolutas como el activo (Figura 3) y el patrimonio (Figura 4). Los resultados muestran que existe una relación lineal muy baja en los dos casos. Es decir, las variaciones en el volumen de activos o del patrimonio no explican de manera directa los cambios en la rentabilidad calculada como porcentaje de los activos.

Con el propósito de que el análisis y comparaciones presenten resultados robustos se procedió a winsorizar los datos atípicos de todas las razones financieras.

**Figura 3**

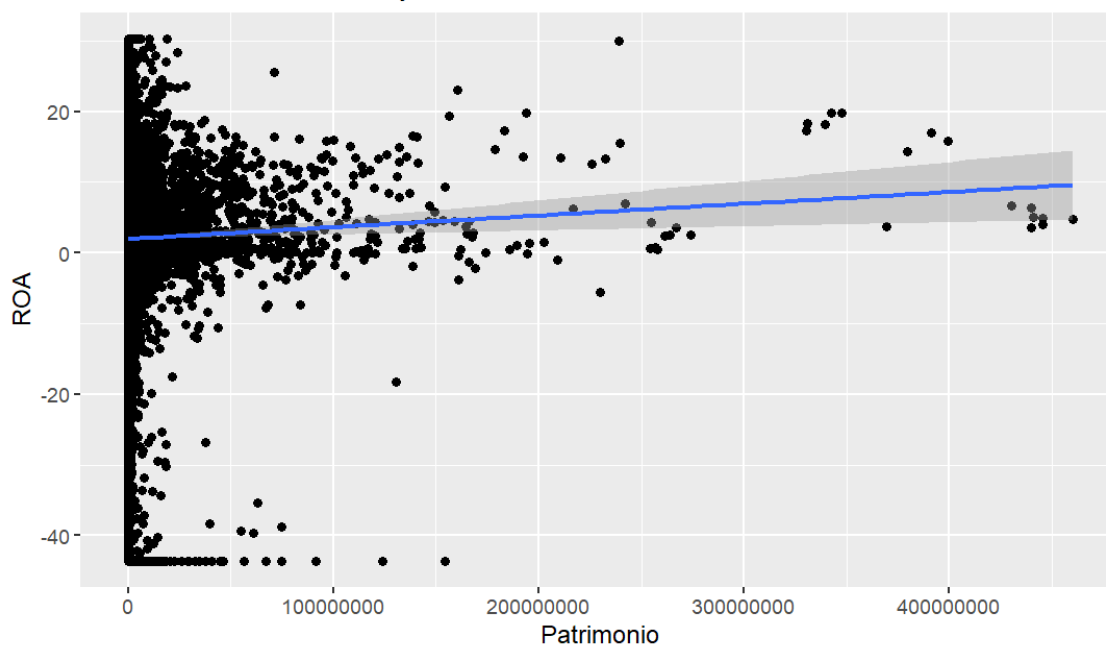
Gráfica de correlación del activo total con el ROA



*Nota: Se utilizaron datos winsorizados*

**Figura 4**

Gráfica de correlación del ROA con el patrimonio neto



*Nota: Se usaron datos winsorizados*

En el ámbito empresarial la rentabilidad depende de varios factores adicionales como el eficiente uso de los activos, estructura de costos, apalancamiento, liquidez y otros aspectos que permiten la generación de ventas y beneficios por lo que es fundamental apoyarse en los ratios financieros. Además, en el sector manufacturero existen micro y grandes empresas analizadas

conjuntamente que pueden tener diferentes niveles de eficiencia y rendimientos. Por otro lado, los cambios del entorno económico propiciados por el COVID-19 y la LOAH no son los mismos para las industrias por su tamaño y estructura.

Las Tablas 5 y 6 presentan las estadísticas descriptivas calculadas para el ROA y varios ratios financieros, segmentados por período y tamaño de la empresa.

**Tabla 5**

*Estadísticas de ratios financieros por período de empresas manufactureras*

| Ratio              | Grupo       | Media   | Mediana | Desv.Est. | Min    | Max      |
|--------------------|-------------|---------|---------|-----------|--------|----------|
| deudaFin_pasivo    | Prepandemia | 59,4    | 62,8    | 33,2      | 0,0    | 100,0    |
|                    | Pandemia    | 56,8    | 58,0    | 33,5      | 0,0    | 100,0    |
|                    | Pospandemia | 38,6    | 31,5    | 31,5      | 0,0    | 100,0    |
| intereses_deudaFin | Prepandemia | 3,2     | 0,0     | 7,2       | 0,0    | 33,0     |
|                    | Pandemia    | 3,3     | 0,0     | 7,3       | 0,0    | 33,0     |
|                    | Pospandemia | 5,9     | 0,0     | 10,3      | 0,0    | 33,0     |
| r_roe              | Prepandemia | 13,1    | 4,2     | 26,8      | -160,7 | 87,2     |
|                    | Pandemia    | -25,1   | 1,7     | 74,9      | -160,7 | 87,2     |
|                    | Pospandemia | 15,0    | 9,6     | 40,7      | -160,7 | 87,2     |
| r_roa              | Prepandemia | 4,3     | 1,2     | 7,8       | -43,6  | 30,3     |
|                    | Pandemia    | -6,7    | 0,4     | 21,6      | -43,6  | 30,3     |
|                    | Pospandemia | 5,2     | 2,8     | 11,7      | -43,6  | 30,3     |
| liquidez_acida     | Prepandemia | 1,8     | 1,1     | 2,1       | 0,1    | 9,4      |
|                    | Pandemia    | 1,9     | 1,1     | 2,2       | 0,1    | 9,4      |
|                    | Pospandemia | 1,9     | 1,1     | 2,3       | 0,1    | 9,4      |
| vtas_empleados     | Prepandemia | 80643,5 | 44868,0 | 96689,7   | 3184,6 | 400783,4 |
|                    | Pandemia    | 82389,8 | 45824,7 | 99195,4   | 3184,6 | 400783,4 |
|                    | Pospandemia | 94811,1 | 54662,9 | 106974,9  | 3184,6 | 400783,4 |
| sueldos_ctoVtas    | Prepandemia | 42,8    | 30,2    | 41,6      | 0,0    | 159,8    |
|                    | Pandemia    | 39,5    | 26,2    | 42,1      | 0,0    | 159,8    |
|                    | Pospandemia | 35,1    | 21,8    | 41,0      | 0,0    | 159,8    |
| empleados_ctoVtas  | Prepandemia | 0,0     | 0,0     | 0,0       | 0,0    | 0,1      |
|                    | Pandemia    | 0,0     | 0,0     | 0,0       | 0,0    | 0,1      |
|                    | Pospandemia | 0,0     | 0,0     | 0,0       | 0,0    | 0,1      |
| margen_Bruto       | Prepandemia | 34,1    | 31,1    | 20,5      | 2,9    | 79,6     |
|                    | Pandemia    | 34,4    | 31,4    | 21,1      | 2,9    | 79,6     |
|                    | Pospandemia | 37,4    | 34,4    | 21,7      | 2,9    | 79,6     |
| margen_Operativo   | Prepandemia | 1,9     | 2,5     | 10,9      | -29,6  | 26,4     |
|                    | Pandemia    | 1,8     | 2,4     | 12,3      | -29,6  | 26,4     |
|                    | Pospandemia | 5,9     | 5,4     | 12,0      | -29,6  | 26,4     |
| pasivo_patrimonio  | Prepandemia | 4,6     | 1,7     | 7,2       | 0,1    | 28,1     |
|                    | Pandemia    | 4,5     | 1,6     | 7,1       | 0,1    | 28,1     |
|                    | Pospandemia | 4,4     | 1,6     | 7,0       | 0,1    | 28,1     |
| deudaCp_pasivo     | Prepandemia | 71,6    | 80,0    | 29,6      | 8,8    | 100,0    |
|                    | Pandemia    | 71,1    | 79,8    | 30,2      | 8,8    | 100,0    |
|                    | Pospandemia | 74,0    | 86,3    | 29,8      | 8,8    | 100,0    |

**Tabla 6***Estadísticas de ratios financieros por tamaño de empresa manufactureras*

| Ratio              | Grupo   | Media    | Mediana  | Desv_Est | Min    | Max      |
|--------------------|---------|----------|----------|----------|--------|----------|
| deudaFin_pasivo    | Micro   | 50,1     | 47,1     | 39,8     | 0,0    | 100,0    |
|                    | Pequeña | 50,2     | 48,2     | 33,1     | 0,0    | 100,0    |
|                    | Mediana | 50,5     | 48,6     | 29,7     | 0,0    | 100,0    |
|                    | Grande  | 50,5     | 48,7     | 29,7     | 0,0    | 100,0    |
| intereses_deudaFin | Micro   | 1,7      | 0,0      | 6,2      | 0,0    | 33,0     |
|                    | Pequeña | 3,8      | 0,0      | 8,3      | 0,0    | 33,0     |
|                    | Mediana | 6,0      | 1,5      | 9,4      | 0,0    | 33,0     |
|                    | Grande  | 7,9      | 2,7      | 10,7     | 0,0    | 33,0     |
| r_roa              | Micro   | 4,9      | 3,6      | 18,5     | -43,6  | 30,3     |
|                    | Pequeña | 1,1      | 1,5      | 13,6     | -43,6  | 30,3     |
|                    | Mediana | 0,3      | 1,1      | 11,5     | -43,6  | 30,3     |
|                    | Grande  | 1,0      | 1,4      | 11,1     | -43,6  | 30,3     |
| liquidez_acida     | Micro   | 2,5      | 1,2      | 2,9      | 0,1    | 9,4      |
|                    | Pequeña | 1,8      | 1,1      | 2,1      | 0,1    | 9,4      |
|                    | Mediana | 1,5      | 1,0      | 1,7      | 0,1    | 9,4      |
|                    | Grande  | 1,5      | 1,1      | 1,5      | 0,1    | 9,4      |
| vtas_empleados     | Micro   | 36738,2  | 17653,5  | 58291,9  | 3184,6 | 400783,4 |
|                    | Pequeña | 76715,9  | 45136,9  | 88388,6  | 3184,6 | 400783,4 |
|                    | Mediana | 113409,6 | 69774,9  | 109073,0 | 3184,6 | 400783,4 |
|                    | Grande  | 164879,1 | 121797,7 | 121701,7 | 3184,6 | 400783,4 |
| sueldos_ctoVtas    | Micro   | 39,6     | 18,8     | 49,9     | 0,0    | 159,8    |
|                    | Pequeña | 45,3     | 31,9     | 44,0     | 0,0    | 159,8    |
|                    | Mediana | 36,4     | 28,7     | 32,2     | 0,0    | 159,8    |
|                    | Grande  | 26,8     | 20,9     | 24,2     | 0,0    | 159,8    |
| empleados_ctoVtas  | Micro   | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0    | 0,1      |
|                    | Pequeña | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0    | 0,1      |
|                    | Mediana | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0    | 0,1      |
|                    | Grande  | 0,0      | 0,0      | 0,0      | 0,0    | 0,1      |
| margen_Bruto       | Micro   | 39,4     | 38,4     | 24,3     | 2,9    | 79,6     |
|                    | Pequeña | 37,5     | 34,7     | 21,6     | 2,9    | 79,6     |
|                    | Mediana | 32,7     | 30,5     | 17,5     | 2,9    | 79,6     |
|                    | Grande  | 27,8     | 25,9     | 15,3     | 2,9    | 79,6     |
| margen_Operativo   | Micro   | 4,7      | 4,2      | 13,1     | -29,6  | 26,4     |
|                    | Pequeña | 2,8      | 3,0      | 11,4     | -29,6  | 26,4     |
|                    | Mediana | 2,5      | 3,1      | 11,1     | -29,6  | 26,4     |
|                    | Grande  | 4,3      | 4,7      | 11,3     | -29,6  | 26,4     |
| pasivo_patrimonio  | Micro   | 4,5      | 1,3      | 7,4      | 0,1    | 28,1     |
|                    | Pequeña | 5,6      | 2,1      | 8,0      | 0,1    | 28,1     |
|                    | Mediana | 4,3      | 1,9      | 6,5      | 0,1    | 28,1     |
|                    | Grande  | 2,4      | 1,2      | 4,1      | 0,1    | 28,1     |
| deudaCp_pasivo     | Micro   | 79,9     | 100,0    | 33,3     | 8,8    | 100,0    |
|                    | Pequeña | 73,4     | 85,9     | 30,1     | 8,8    | 100,0    |
|                    | Mediana | 66,4     | 68,9     | 26,2     | 8,8    | 100,0    |
|                    | Grande  | 65,0     | 66,4     | 22,8     | 8,8    | 100,0    |

La media y la mediana muestran que los niveles de desempeño son diferentes según el tamaño de la empresa y son diferentes también en la prepandemia, pandemia y pospandemia.

La Tabla 5 permite observar los posibles efectos de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario sobre el ROA, derivados tanto de la flexibilización de las relaciones laborales como del alivio financiero implementado durante la pandemia. En relación con el primer aspecto, los efectos se evidencian en la evolución del gasto en remuneraciones, medido a través de la capacidad de generación de ventas por empleado y del porcentaje de gasto en remuneraciones respecto a las ventas.

El indicador de ventas por empleado aumentó durante la pandemia y se mantuvo en ascenso en la pospandemia, mientras que el porcentaje de gasto en remuneraciones sobre el costo de ventas disminuyó en ambos periodos, tanto en términos de la media como de la mediana.

Por otro lado, la deuda financiera registró niveles elevados en la etapa prepandemia, una ligera reducción durante la pandemia y una disminución pronunciada en la pospandemia. Asimismo, el gasto en intereses fue bajo antes de la pandemia y mostró un leve descenso en las etapas posteriores, comportamiento que puede atribuirse al alivio financiero concedido a las empresas en el marco de la LOAH.

Las estadísticas por tamaño de empresa presentadas en la Tabla 6 muestran que tanto la capacidad de generar ventas por empleado —medida por la media y la mediana— como el porcentaje de gasto en remuneraciones respecto al costo de ventas tienden a ser más elevados conforme aumenta el tamaño empresarial.

El porcentaje de deuda financiera mantiene niveles similares entre los distintos grupos de empresas; sin embargo, el gasto en intereses es notablemente menor en las microempresas, lo cual podría atribuirse a que las medidas de alivio financiero previstas en la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario se dirigieron específicamente a este segmento. En contraste, las disposiciones de flexibilización laboral contempladas en la misma ley aplicaron a todas las empresas, independientemente de su tamaño.

Una vez identificadas las diferencias del ROA por períodos de pandemia y tamaños de empresas se analizó si las diferencias son estadísticamente significativas previa la verificación de la normalidad de los datos.

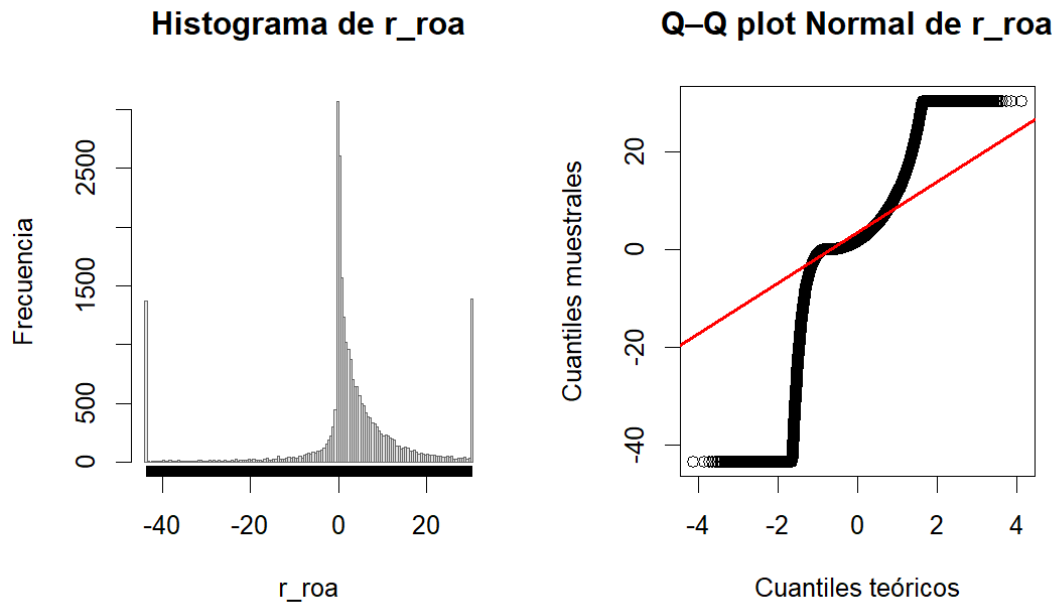
En la Figura 5 se presenta el histograma y el gráfico Q-Q del ROA. El histograma evidencia una distribución fuertemente concentrada alrededor del valor cero, con marcada asimetría y colas pesadas. Esto indica que, si bien la mayoría de los valores se agrupan en torno al centro, existen observaciones extremas que se alejan de manera considerable de la media. Dicha forma difiere de la campana simétrica característica de una distribución normal.

El gráfico Q-Q compara los cuantiles muestrales del ROA con los cuantiles teóricos de una distribución normal. Si los datos siguieran una distribución normal, los puntos se ubicarían sobre la línea de referencia. No obstante, se observan desviaciones pronunciadas en los extremos, lo que evidencia la presencia de colas más pesadas que las de una distribución normal.

Finalmente, la prueba de Jarque-Bera arrojó un estadístico de JB = 20 881,18 y un p-valor de  $2,2\text{e-}16$  con dos grados de libertad, lo que confirma de manera estadísticamente significativa que los datos del ROA no siguen una distribución normal, es decir, presentan un comportamiento no paramétrico.

**Figura 5**

*Gráficas de normalidad*



Para detectar las diferencias significativas en el ROA por tamaños empresariales, por períodos de pandemia y sus posibles interacciones, se utilizó el test de Scheirer-Ray-Hare (versión no paramétrica del ANOVA de dos vías), cuyos resultados se exponen en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Resultados prueba Scheirer\_Re\_Hare*

| <b>Factor</b>  | <b>Df</b> | <b>Suma Sq</b> | <b>H</b> | <b>P-valor</b> | <b>Significancia</b> |
|----------------|-----------|----------------|----------|----------------|----------------------|
| tamaño         | 3         | 39475525126    | 634,722  | 0              | ***                  |
| periodo        | 2         | 74531709706    | 1198,387 | 0              | ***                  |
| tamaño:período | 6         | 2153538198     | 34,626   | 5,09031E-06    | ***                  |
| Residuales     | 27317     | 1,57737E+12    |          |                |                      |

El efecto principal en cuanto al tamaño con su indicador  $H = 634,72$  y  $p\text{-valor} < 0,001$  nos lleva a concluir que existen diferencias altamente significativas en el ROA entre los diferentes tamaños de empresas.

El efecto principal en cuanto al período con el indicador  $H = 1198,39$  y  $p\text{-valor} < 0,001$  nos lleva a concluir que existen diferencias altamente significativas en el ROA entre los períodos prepandemia, pandemia y pospandemia.

Por último, la interacción tamaño período muestra un indicador  $H = 34,63$  y  $p = 5,09e-06$  que nos lleva a concluir que existe una interacción significativa entre tamaño y periodo, lo que indica que el efecto del periodo sobre el ROA varía según el tamaño de la empresa.

**Tabla 8**

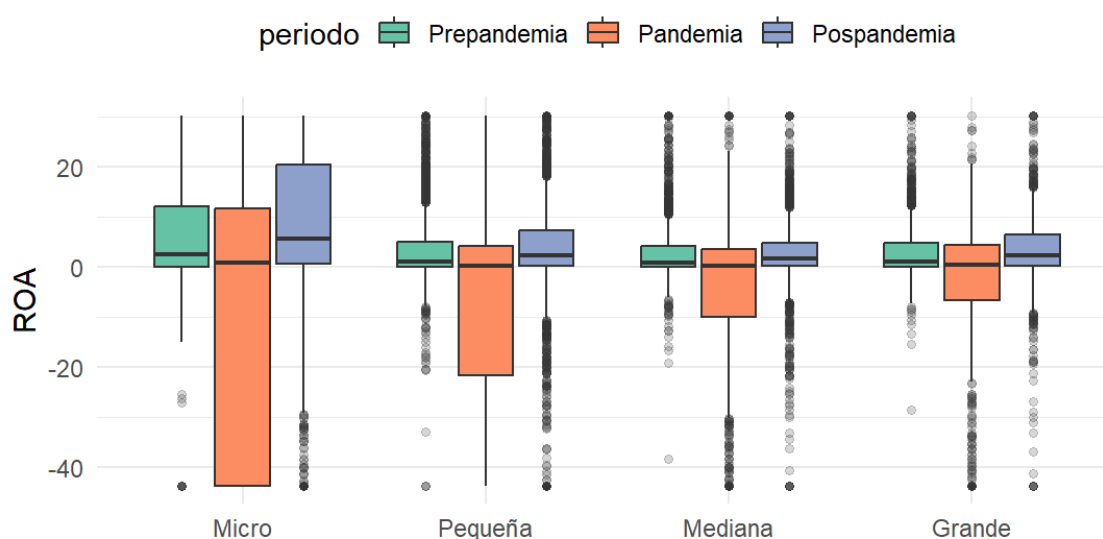
*Medianas del ROA por períodos y tamaño de empresas del sector manufactura*

| Período     | Tamaño  | Mediana_ROA | Media_ROA | N     |
|-------------|---------|-------------|-----------|-------|
| Prepandemia | Micro   | 2,54        | 7,42      | 2274  |
|             | Pequeña | 1,11        | 3,71      | 3481  |
|             | Mediana | 0,94        | 2,77      | 2230  |
|             | Grande  | 1,03        | 3,00      | 1630  |
| Pandemia    | Micro   | 0,87        | -6,10     | 1825  |
|             | Pequeña | 0,33        | -7,74     | 2214  |
|             | Mediana | 0,30        | -6,62     | 1443  |
|             | Grande  | 0,57        | -5,50     | 1049  |
| Pospandemia | Micro   | 5,69        | 8,76      | 3731  |
|             | Pequeña | 2,43        | 4,02      | 3699  |
|             | Mediana | 1,81        | 2,46      | 2169  |
|             | Grande  | 2,31        | 3,25      | 1584  |
| Total       |         |             |           | 27329 |

La mediana del ROA durante la pandemia cae en todos los tamaños de empresas y se recupera en la pospandemia a valores mayores a la prepandemia, Tabla 8.

**Figura 6**

*Distribución del ROA por tamaño de empresa y período*



Según la Figura 6 la magnitud de caída del ROA durante la pandemia y la recuperación en la pospandemia fue diferente para cada grupo de empresas.

Los resultados del test de Scheirer-Ray-Hare, nos llevan a realizar una prueba Post-Hoc para detectar cuales son las diferencias significativas del ROA entre tamaños empresariales.



**Tabla 9***Test Conover-Iman de comparaciones del ROA por tamaño de empresas*

| Comparación       | T_estadístico | P-v ajust | Significancia | Dirección | Interpretación    |
|-------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|-------------------|
| Grande – Mediana  | 3,437         | 0,0018    | **            | Positivo  | Grande > Mediana  |
| Grande – Micro    | -18,757       | 0,0000    | ***           | Negativo  | Micro > Grande    |
| Mediana – Micro   | -24,656       | 0,0000    | ***           | Negativo  | Micro > Mediana   |
| Grande – Pequeña  | -2,574        | 0,0302    | *             | Negativo  | Pequeña > Grande  |
| Mediana – Pequeña | -7,009        | 0,0000    | ***           | Negativo  | Pequeña > Mediana |
| Micro – Pequeña   | 20,225        | 0,0000    | ***           | Positivo  | Micro > Pequeña   |

El resultado de todas las comparaciones que realiza el test de Conover-Iman y se pueden ver en la Tabla 9, son significativas por lo que los cuatro tamaños empresariales tienen ROA estadísticamente distintos entre sí. Las microempresas tienen rangos más bajos de ROA en tanto que las medianas y grandes muestran mayores niveles de rentabilidad. Por último, las micro frente a las medianas y grandes empresas tienen diferencias más pronunciadas, lo que podría sugerir un efecto claro del tamaño empresarial sobre la rentabilidad.

**Tabla 10***Test Conover-Iman de comparaciones del ROA por periodos*

| Comparación    | T_estadístico | P-v ajust | Significancia | Dirección | Interpretación |
|----------------|---------------|-----------|---------------|-----------|----------------|
| Pandemia - Pos | -36,765       | 0         | ***           | Negativo  | Pos > Pandemia |
| Pandemia - Pre | -20,167       | 0         | ***           | Negativo  | Pre > Pandemia |
| Pos - Pre      | 17,917        | 0         | ***           | Positivo  | Pos > Pre      |

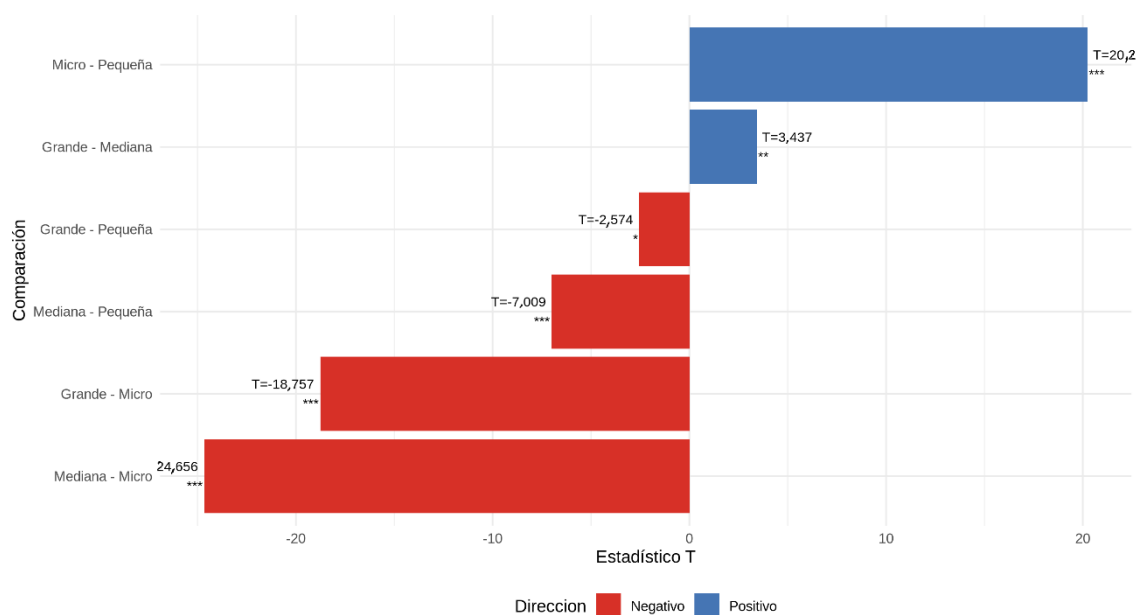
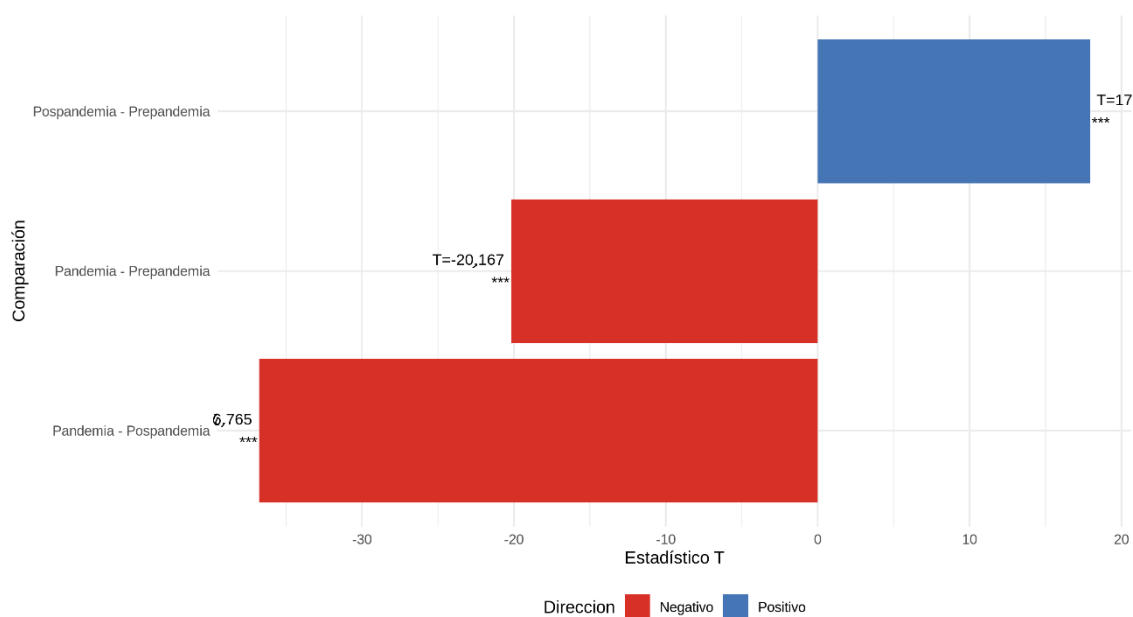
Según los resultados de la prueba de Conover-Iman de la Tabla 10, el ROA durante la pandemia fue significativamente menor que en el período prepandemia y también que el pospandemia. Además, este indicador en la pospandemia supera significativamente al del período prepandemia, revelando una mejora posterior la crisis que podría asociarse a la reactivación económica y la implementación temporal de medidas para contrarrestar los efectos del COVID-19 contempladas en la LOAH.

La Tabla 11 muestra un resumen de la prueba Conover-Iman por tamaño y periodo.

**Tabla 11***Resumen general del test de Conover-Iman*

| Test                   | Chi_cuadrado_KW | G.L. | P_valor | Metodo_ajuste | N_comparaciones |
|------------------------|-----------------|------|---------|---------------|-----------------|
| Conover-Iman (Tamaño)  | 732,58          | 3    | < 0,001 | Bonferroni    | 6               |
| Conover-Iman (Periodo) | 1296,24         | 2    | < 0,001 | Bonferroni    | 3               |

Las Figuras 7 y 8 muestran gráficamente los resultados de las comparaciones entre grupos realizadas con el test de Conover-Iman.

**Figura 7***Estadístico T por tamaño de empresas manufactureras***Figura 8***Estadístico T por período prepandemia, pandemia y pospandemia*

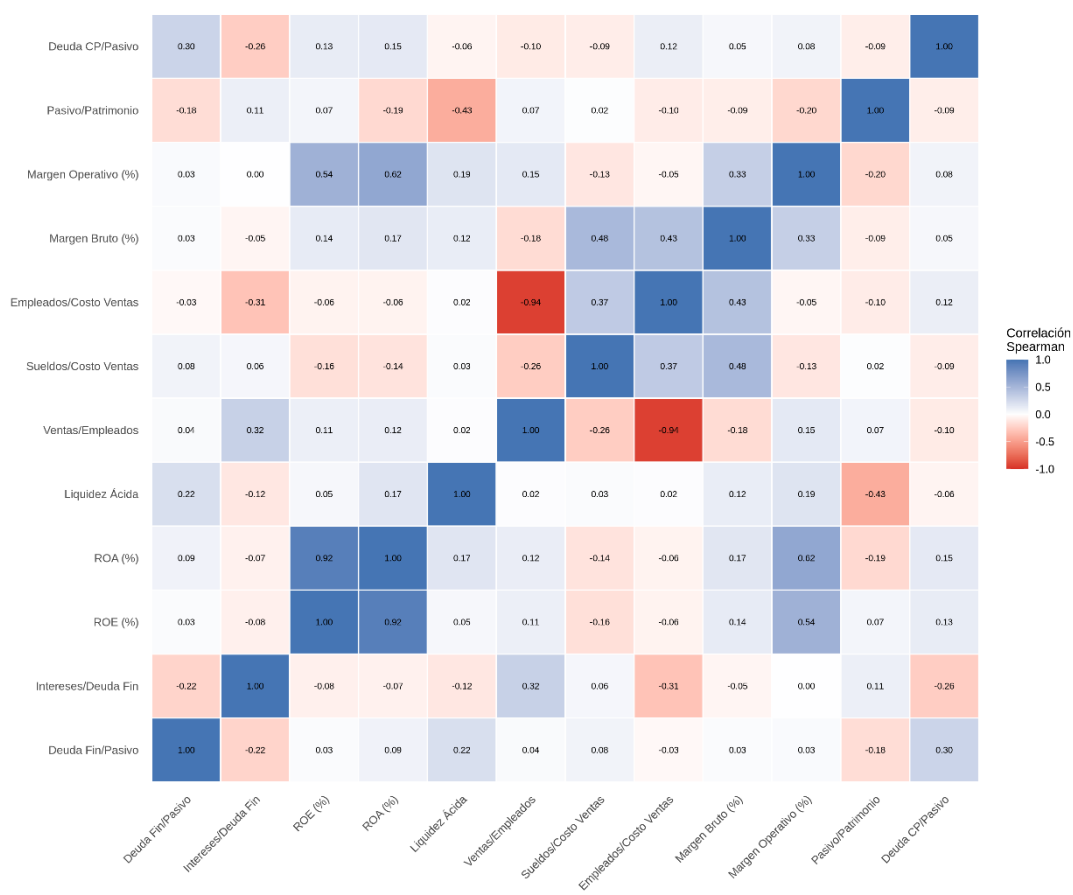
Los resultados del test de Scheirer–Ray–Hare evidencian diferencias estadísticamente significativas en la rentabilidad de los activos (ROA) tanto por tamaño de empresa como por periodo económico ( $p < 0,001$ ). En cuanto al tamaño, el análisis pos-hoc de Conover–Iman indicó que las microempresas presentan los niveles más bajos de rentabilidad, mientras que las

medianas y grandes muestran desempeños superiores. Respecto a los periodos, la rentabilidad disminuyó significativamente durante la pandemia y se recuperó en la etapa pospandemia, alcanzando valores superiores a los observados en la etapa prepandemia, lo que refleja un proceso de reactivación económica posterior a la crisis sanitaria y los efectos atribuibles a la aplacación de la Ley Orgánica de Apoyo humanitario.

Una vez establecidas las diferencias significativas entre grupos y para entender el comportamiento del ROA, se analizaron las posibles relaciones con otros indicadores financieros.

El mapa de calor de la Figura 9 revela importante información de las relaciones entre las diferentes razones financieras.

**Figura 9**  
*Mapa de calor del coeficiente de correlación de Spearman*



El análisis del comportamiento financiero del sector manufacturero ecuatoriano desde la etapa prepandemia hasta la recuperación pospandemia en 2024, mediante la matriz de correlaciones de Spearman, revela patrones de rentabilidad, eficiencia y apalancamiento que mantienen relaciones estables, lo cual indica la capacidad de las empresas para adaptar sus estructuras ante choques externos y la subsiguiente reactivación económica. Esta consistencia en las relaciones estructurales permitió una interpretación contextualizada del desempeño empresarial a lo largo de las fases de crisis y recuperación

Las correlaciones observadas destacan una fuerte vinculación entre la rentabilidad económica y la financiera, donde la Rentabilidad sobre Activos exhibe una correlación muy fuerte con el Retorno sobre el Patrimonio ( $\rho=0,92$ ). Esta consistencia se complementa con una relación moderada entre el ROA y el margen operativo ( $\rho=0,62$ ), lo que subraya la importancia de la eficiencia en el control de costos y la gestión operativa como determinante clave del desempeño, incluso en contextos de crisis. Se sugiere que la recuperación económica posterior a la pandemia ha reforzado este nexo, manifestando una mejora en la productividad general del capital. Adicionalmente, se presenta una relación significativa en la eficiencia laboral: existe una fuerte correlación negativa ( $\rho=-0,94$ ) entre las ventas por empleado y la proporción de costos laborales sobre las ventas. Este hallazgo indica que el aumento de la productividad laboral se correlaciona con una reducción de la carga de costos de personal, lo que refleja una estrategia de optimización de gastos que podría estar impulsada por la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (LOAH).

En cuanto a la estructura de capital, se observa que el apalancamiento financiero, medido por el ratio Pasivo/Patrimonio, presenta correlaciones negativas moderadas tanto con la liquidez como con el margen operativo ( $\rho=-0,43$  en ambos casos). Este hallazgo sugiere que las empresas con un mayor nivel de endeudamiento registraron una menor capacidad para generar márgenes operativos y mantener liquidez. Esta relación es coherente con el periodo pandémico, en el cual un aumento en el endeudamiento, utilizado para sostener las operaciones empresariales, pudo haber generado tensiones significativas en la estructura de capital de las firmas manufactureras.

### **Conclusiones parciales y posibles limitaciones.**

El análisis del ROA entre 2017 y 2024 evidencia un deterioro significativo durante la pandemia en todos los tamaños de empresas del sector manufacturero ecuatoriano. Las micro y pequeñas empresas fueron las más afectadas, aunque se beneficiaron del alivio financiero y la flexibilización laboral contemplados en la ley Orgánica de Apoyo Humanitario, mitigando parcialmente la caída en la rentabilidad. En la pospandemia, las medianas y grandes manufactureras mostraron una recuperación sostenida, alcanzando niveles superiores a los prepandemia, lo que refleja un efecto transitorio negativo seguido de reactivación económica que podría estar favorecida por las secuelas de la aplicación de la LOAH.

El estudio presenta limitaciones que pueden estar asociados con el comportamiento propio de los subsectores de la industria manufacturera del Ecuador y las diferencias que se pueden generar en el ROA la situación geográfica de las empresas.

## Laboratorio 2: Enfoque Machine Learning

### Objetivos

- Segmentar las empresas del sector manufacturero ecuatoriano mediante técnicas de agrupamiento no supervisado para identificar grupos homogéneos basados en sus características de rentabilidad, eficiencia, estructura laboral y estructura financiera durante el período 2017-2024.
- Analizar la evolución de la rentabilidad del activo (ROA) de las empresas del sector manufacturero ecuatoriano agrupadas por perfiles financieros (clusters), con el propósito de identificar las diferencias en su desempeño antes, durante y después de la pandemia de COVID-19, y evaluar el efecto de las medidas de flexibilización laboral y alivio financiero establecidas en la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (2020–2022) sobre su recuperación pospandemia.
- Identificar y caracterizar los subgrupos de empresas que presenten comportamientos atípicos o anómalos en la evolución de su rentabilidad del activo (ROA)

### Métodos

Se utilizaron técnicas de modelado supervisado y no supervisado con el objetivo de identificar patrones y estructuras latentes entre las empresas, en función de sus características de rentabilidad, eficiencia laboral y estructura financiera.

Con el método de K-means se realizó el agrupamiento inicial y se utilizó DBSCAN para complementar el análisis de los grupos mediante la detección de empresas atípicas y captar formas de agrupamiento de empresas que muestren realidades diferentes.

Las variables que se utilizaron para el modelado son indicadores que permiten medir la rentabilidad, productividad, liquidez, endeudamiento, estructura de capital y la eficiencia laboral.

Se creó la variable dicotómica “Sin Remuneraciones” para los registros con remuneraciones valor cero, éstos no representan problemas aritméticos, ya que ninguna razón financiera utiliza dicha variable como denominador. Estos casos se mantuvieron en el análisis como una característica estructural relevante, interpretada como posible evidencia de subcontratación, automatización o subdeclaración de costos laborales. Se analizaron como subgrupo diferenciado dentro de la caracterización empresarial.

Debido a que la escala de los ratios financieros son diferentes, se homogenizaron a escala decimal (tanto por uno). Para corregir la asimetría propia de este tipo de datos con valores cero y negativos, se aplicó la función de Yeo-Johnson; y, para eliminar las diferencias de magnitud entre las variables se corrió un proceso de estandarización z-score. La combinación de estas técnicas permitió que cada variable aporte proporcionalmente al cálculo de distancias y facilite la interpretación de los modelos de agrupamiento y clasificación.

Para los análisis de agrupamiento y clasificación se construyó un conjunto de datos integrado que combina los siete componentes derivados del análisis de componentes principales (PCA). Con el propósito de contextualizar los patrones identificados, se incorporaron variables de tamaño empresarial y temporales. Este diseño metodológico permitió ejecutar análisis de clustering y clasificación coherentes con los objetivos del estudio orientados a evaluar los efectos de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (LOAH) y la pandemia del COVID-19 sobre el sector empresarial.

El algoritmo de agrupamiento no supervisado K-means, se utilizó determinando el número óptimo de grupos mediante el método del codo y validando la cohesión interna a través del índice de silueta promedio.

Previo a la ejecución del algoritmo DBSCAN se analizaron los valores apropiados para los parámetros epsilon ( $\epsilon$ ) y minPts. El primero se determinó mediante el gráfico kNNdisplot, identificando el punto de inflexión (codo) en la curva de distancias ordenadas y el segundo sugiere usando  $\text{minPts} \approx \log(n)$  o valores entre 4 y 6 para bases grandes.

## Resultados y discusión

Para una correcta interpretación de las características que definen cada conglomerado obtenido mediante el algoritmo K-means, resulta imprescindible examinar previamente los resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP). La Figura 10 presenta el análisis correspondiente a los 7 primeros componentes principales, los cuales explican en conjunto el 77,7 % de la varianza. Dicha figura permite visualizar las relaciones existentes entre cada componente y las variables originales que a su vez están explicadas en la Tabla 12.

### Primer Componente Principal (PC1): Estructura de capital y productividad laboral.

El primer componente principal (PC1) representa un constructo relacionado con la eficiencia operativa y la estructura de capital de las empresas. Este componente se caracteriza por cargas factoriales negativas predominantes en las variables de activos por empleado (-0,45), ventas por empleado (-0,44), remuneración promedio (-0,43) y apalancamiento (-0,40).

La interpretación de PC1 sugiere que capta la eficiencia laboral y la intensidad de capital de las organizaciones. Las empresas que presentan valores elevados en este componente se distinguen por mantener mayor capital por empleado y superior productividad laboral, al tiempo que gestionan costos laborales controlados y niveles moderados de apalancamiento financiero. En el contexto de la pandemia por COVID-19 y la implementación de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (LOAH), PC1 podría reflejar aquellas empresas que lograron ajustar sus estructuras laborales manteniendo sus niveles de productividad.

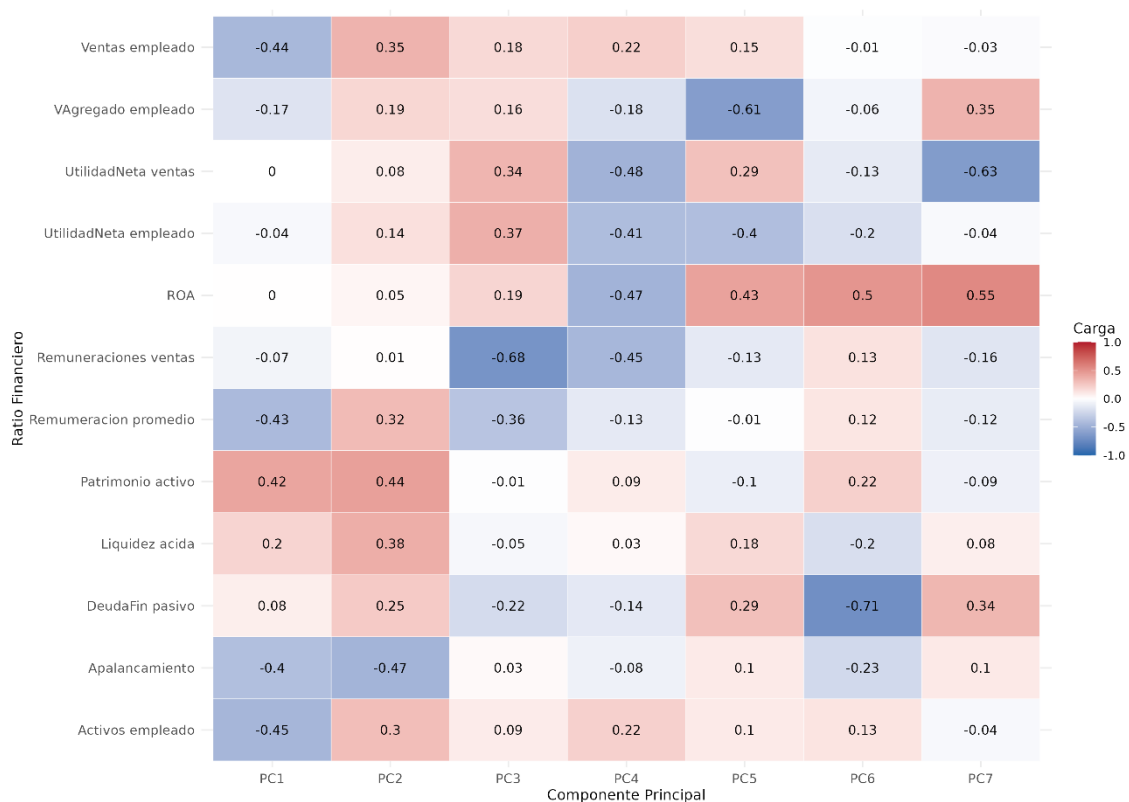
### Segundo Componente Principal (PC2): Liquidez y Capitalización

El segundo componente principal representa la fortaleza financiera y autonomía patrimonial de las empresas. Las cargas factoriales más elevadas corresponden a solvencia (0,44), liquidez

ácida (0,38), activos por empleado (0,30) y deuda financiera a pasivo (0,25). Las empresas que presentan valores altos en PC2 se caracterizan por mantener mayor capital propio, solvencia y liquidez, lo que sugiere mayor resiliencia durante la pandemia y menor necesidad de alivio financiero. Este componente permite diferenciar a las empresas sólidas (grandes y medianas) de las micro y pequeñas empresas más dependientes del financiamiento crediticio.

**Figura 10**

*Mapa de calor con matriz de cargas de los primeros 7 componentes principales*



### Tercer Componente Principal (PC3): Rentabilidad Operacional y Eficiencia Laboral

PC3 representa la eficiencia en el uso del trabajo para generar utilidades. Se caracteriza por una carga factorial negativa destacada en remuneraciones sobre ventas (-0,68) y cargas positivas en utilidad neta por empleado (0,37) y utilidad neta sobre ventas (0,34). Las empresas con valores elevados en este componente presentan mejores márgenes netos y mayor productividad por trabajador, mientras que aquellas con valores bajos enfrentan presiones laborales o costos salariales elevados en relación con las ventas. Este componente se encuentra directamente relacionado con el impacto de la flexibilización laboral establecida en la LOAH.

### Cuarto Componente Principal (PC4): Rentabilidad del Activo y Desempeño Financiero Global

Este componente sintetiza la rentabilidad general de los activos y la eficiencia empresarial. Las cargas factoriales negativas predominantes incluyen utilidad neta sobre ventas (-0,48), ROA (-0,47) y utilidad neta por empleado (-0,41). Los valores negativos indican que las empresas con

baja rentabilidad del activo son las que explican mayor varianza en este componente, representando el efecto de la crisis del COVID-19 sobre la rentabilidad agregada del sector.

**Quinto Componente Principal (PC5): Estabilidad y Proporción de Capital Operativo**

PC5 se caracteriza por cargas factoriales positivas en ROA (0,43), deuda financiera a pasivo (0,29) y solvencia (0,22). Este componente podría representar la reconfiguración financiera posterior a la pandemia, donde determinadas empresas combinaron rentabilidad moderada con una estructura de capital más equilibrada. Puede reflejar estrategias de recuperación y alivio financiero parcial implementadas durante el período 2022-2024.

**Tabla 12**  
*Perfilamiento de los primeros 7 componentes principales*

| Componente | Dimensión económica interpretada       | Relevancia contextual                           |
|------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| PC1        | Eficiencia laboral y escala operativa  | Ajuste estructural durante la pandemia          |
| PC2        | Fortaleza patrimonial y liquidez       | Resiliencia empresarial (tamaño medio y grande) |
| PC3        | Eficiencia laboral y rentabilidad neta | Impacto directo de la flexibilización laboral   |
| PC4        | Rentabilidad del activo (ROA)          | Efecto económico del COVID-19                   |
| PC5        | Reconfiguración financiera             | Recuperación pospandemia                        |
| PC6        | Endeudamiento y vulnerabilidad         | Empresas dependientes de alivio financiero      |
| PC7        | Variabilidad residual de rentabilidad  | Diferencias estructurales por subsector         |

**Sexto Componente Principal (PC6): Estructura de Deuda**

Este componente refleja la dependencia del financiamiento externo y la disminución de la productividad, caracterizándose por cargas factoriales negativas en deuda financiera sobre pasivo (-0,71) y valor agregado por empleado (-0,61). Las empresas con valores negativos elevados fueron probablemente las más afectadas por la crisis y dependientes del alivio financiero establecido en la LOAH, particularmente las micro y pequeñas empresas. Este componente se asocia con vulnerabilidad estructural durante la pandemia.

**Séptimo Componente Principal (PC7): Rentabilidad y Variabilidad del Desempeño**

PC7 capta variaciones residuales entre la rentabilidad de activos y los márgenes netos, destacándose por cargas factoriales en utilidad neta sobre ventas (-0,63) y ROA (0,55). Este



componente posiblemente explica diferencias sectoriales o geográficas dentro del sector manufacturero que no son capturadas por los componentes anteriores.

### Agrupamiento K-means

El modelo K-means con  $K=5$  explica el 32,74% de la varianza total, lo que indica que aproximadamente una tercera parte de la variabilidad de los ratios financieros puede atribuirse a diferencias entre grupos mientras que el 67,26% restante se mantiene dentro de los clusters, es decir, los grupos siguen siendo heterogéneos internamente. Este nivel de explicación es coherente con la naturaleza continua y heterogénea de los datos financieros del sector manufacturero.

**Tabla 13**

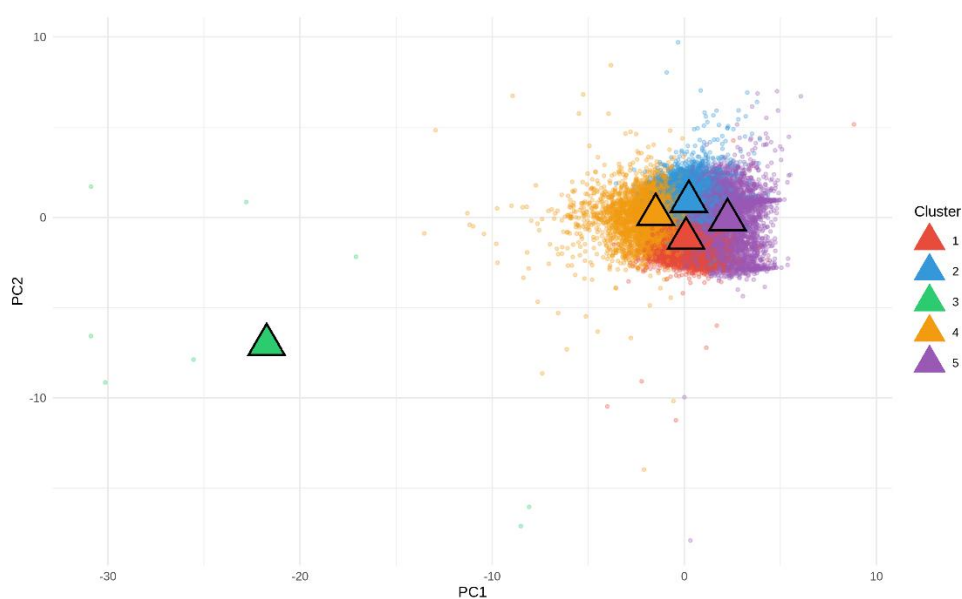
*Informe de centroides*

| Cluster | PC1     | PC2    | PC3    | PC4    | PC5    | PC6    | PC7    |
|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | -20,859 | -5,617 | -1,635 | -3,852 | -8,520 | 7,517  | 2,718  |
| 2       | 0,438   | -1,444 | 0,300  | -0,265 | 0,165  | 0,107  | -0,061 |
| 3       | -0,238  | 1,050  | -0,252 | 0,189  | -0,140 | -0,025 | -0,048 |
| 4       | 0,095   | -0,135 | 0,004  | 0,236  | -0,104 | 0,433  | -1,063 |
| 5       | -0,003  | -0,091 | 0,091  | -0,182 | 0,162  | -0,389 | 0,839  |

El informe de centroides de la Tabla 13, indica que el algoritmo K-means detectó 5 clusters: El Cluster 1 claramente definido y diferenciado de los demás; y, los Cluster 2,3 y 4 que tienen diferencias mínimas entre sí y dependen componentes principales con menor varianza.

**Figura 11**

*Clustering K-means*



Si bien la segmentación no es perfectamente separable, como se puede observar en la Figura 11, los grupos resultantes permiten identificar patrones estructurales relevantes asociados a la rentabilidad, liquidez, eficiencia laboral, el tamaño empresarial en el contexto de pandemia y los efectos de la LOAH. En la Tabla 14 detallamos las características de cada *cluster* con sus componentes dominantes, una interpretación económica y finalmente una caracterización en el contexto del presente estudio.

**Tabla 14**

*Caracterización de cluster en el contexto del COVID-19 y la LAOH*

| <b>Cluster</b> | <b>Componentes dominantes</b> | <b>Interpretación económica</b>                                                                                                                                                       | <b>Relevancia contextual</b>                                                                          |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | PC1-, PC2-, PC4-, PC5-, PC6+  | Empresas con baja eficiencia operativa, liquidez y rentabilidad, pero con alto endeudamiento. Representan firmas vulnerables o dependientes de alivio financiero durante la pandemia. | Segmento más afectado por el COVID-19; beneficiarias de la Ley de Apoyo Humanitario. (Al-Zoubi, 2023) |
| 2              | PC1+, PC3+                    | Empresas con eficiencia laboral y rentabilidad moderada, estables frente a la crisis sin grandes tensiones financieras.                                                               | Resiliencia empresarial en firmas medianas.                                                           |
| 3              | PC2+, PC4+                    | Empresas con fortaleza patrimonial, alta liquidez y rentabilidad del activo positiva; de gran tamaño o con flujo sólido.                                                              | Empresas grandes resilientes con buena gestión financiera.                                            |
| 4              | PC4+, PC6+, PC7-              | Empresas con recuperación de rentabilidad y endeudamiento controlado, con diferencias estructurales entre subsectores.                                                                | Reestructuración financiera pospandemia.                                                              |
| 5              | PC5+, PC7+                    | Empresas con comportamientos heterogéneos y variabilidad de rentabilidad explicada por diferencias estructurales sectoriales.                                                         | Diversidad estructural pospandemia según subsector.                                                   |

## Características principales de los cluster

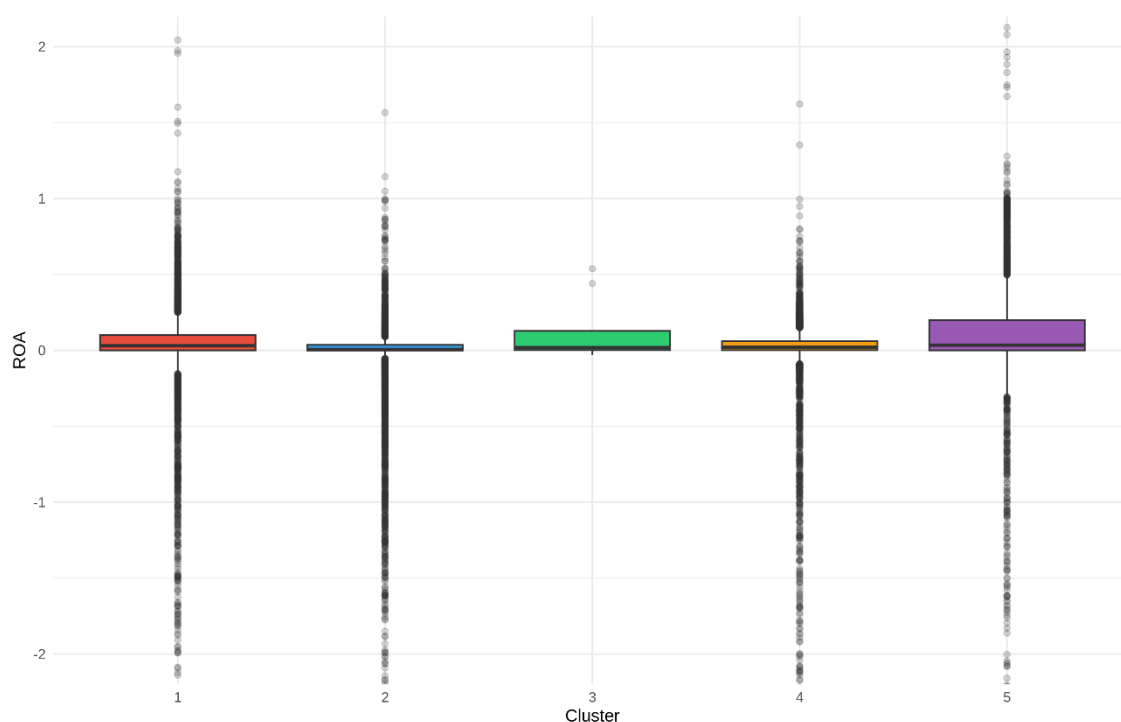
El Cluster 1 representa el segmento más afectado por el COVID-19, compuesto por 2411 empresas beneficiarias de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (LOAH), con predominio de microempresas (838) y pequeñas empresas (890) que presentan alta liquidez y apalancamiento, pero mantienen un ROA neutral cercano al 0%. El Cluster 2 está conformado por 3183 empresas de tamaño medio que demostraron resiliencia ante los impactos de la crisis pandémica y la

LOAH, con predominio de pequeñas empresas (1314) y microempresas (1145), caracterizadas por liquidez moderada y ROA negativo (-12,0%). El Cluster 3 integra únicamente seis grandes empresas resilientes con gestión financiera sólida, ROA positivo (12,5%), liquidez moderada y menor apalancamiento. El Cluster 4 evidencia procesos de reestructuración financiera pospandemia y comprende 2291 empresas de tamaño diversificado: grandes (551), medianas (656) y pequeñas (826), con ROA ligeramente negativo (-2%) y liquidez moderada, de las cuales 127 reportan ausencia de gastos de remuneraciones. Finalmente, el Cluster 5 se caracteriza por comportamientos heterogéneos y variabilidad de rentabilidad explicada por diferencias estructurales subsectoriales, compuesto por 2234 empresas, predominantemente microempresas informales (1706), con el ROA más bajo (-24,0%), liquidez extremadamente alta e incluye el mayor número de empresas que reportan valores nulos en remuneraciones (1844).

Las 27320 observaciones que corresponden a información financiera anual reportada por 10125 empresas del sector manufacturero ecuatoriano desde el año 2017 al 2024, podemos analizar con las métricas tabuladas de la Tabla 15.

**Figura 12**

*Distribución del ROA por cluster*



En la Tabla 16 tenemos el detalle completo del ROA por cada cluster. En términos de mediana, según la Figura 12, la rentabilidad de los activos por cluster es mayor que la media ya que los valores atípicos influyen sobre los cálculos, los valores que más llaman la atención son los del Cluster 3, Media de 12,5% y Mediana de 1,8% en la rentabilidad sobre los activos.

**Tabla 15**  
*Estadísticas por cluster*

| Descripción                  | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 | Totales |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Observaciones                | 7186      | 8692      | 8         | 7567      | 3867      | 27320   |
| Porcentaje observaciones     | 26        | 32        | 0         | 28        | 14        | 100     |
| Empresas únicas              | 2411      | 3183      | 6         | 2291      | 2234      | 10125   |
| Porcentaje de emp, únicas    | 24        | 31        | 0         | 23        | 22        | 100     |
| Activos por empleado (media) | 56176     | 41591     | 40153513  | 301794    | 26032     |         |
| Liquidez (media)             | 15,405    | 1,927     | 1,278     | 1,494     | 39,589    |         |
| ROA (media)                  | 0,001     | -0,116    | 0,125     | -0,020    | -0,238    |         |
| Deuda f, a pasivo (media)    | 0,724     | 0,425     | 0,350     | 0,431     | 0,414     |         |
| Utilidad Neta Ventas (media) | -0,016    | -0,137    | 0,061     | -0,009    | -0,058    |         |

**Tabla 16**  
*Comportamiento de la rentabilidad del activo (ROA) por cluster*

| Cluster | ROA_Media | ROA Mediana | ROA Min  | ROA Max |
|---------|-----------|-------------|----------|---------|
| 1       | 0,001     | 0,030       | -45,737  | 19,794  |
| 2       | -0,116    | 0,006       | -125,163 | 8,350   |
| 3       | 0,125     | 0,018       | -0,030   | 0,538   |
| 4       | -0,020    | 0,020       | -17,722  | 4,929   |
| 5       | -0,238    | 0,034       | -375,000 | 53,783  |

### La informalidad en el sector manufacturero ecuatoriano

Un hallazgo crucial es la caracterización del Cluster 5 como "informal", basándose en un atributo clave: la remuneración. El 82,5% de las empresas del Cluster 5 (1844) reportaron gastos en remuneraciones con un valor nulo o cero. Esto contrasta fuertemente con los otros grupos: el Cluster 4 registró solo 127 casos similares, y el Cluster 1, apenas 20.

### Crecimiento sector manufacturero pospandemia

**Tabla 17**  
*Empresas únicas por cluster y período*

| Cluster | Prepandemia | Pandemia | Pospandemia |
|---------|-------------|----------|-------------|
| 1       | 1550        | 1254     | 1318        |
| 2       | 1818        | 1442     | 1905        |
| 3       | 2           | 0        | 4           |
| 4       | 1137        | 1077     | 1818        |
| 5       | 697         | 752      | 1390        |
| Totales | 5204        | 4525     | 6435        |

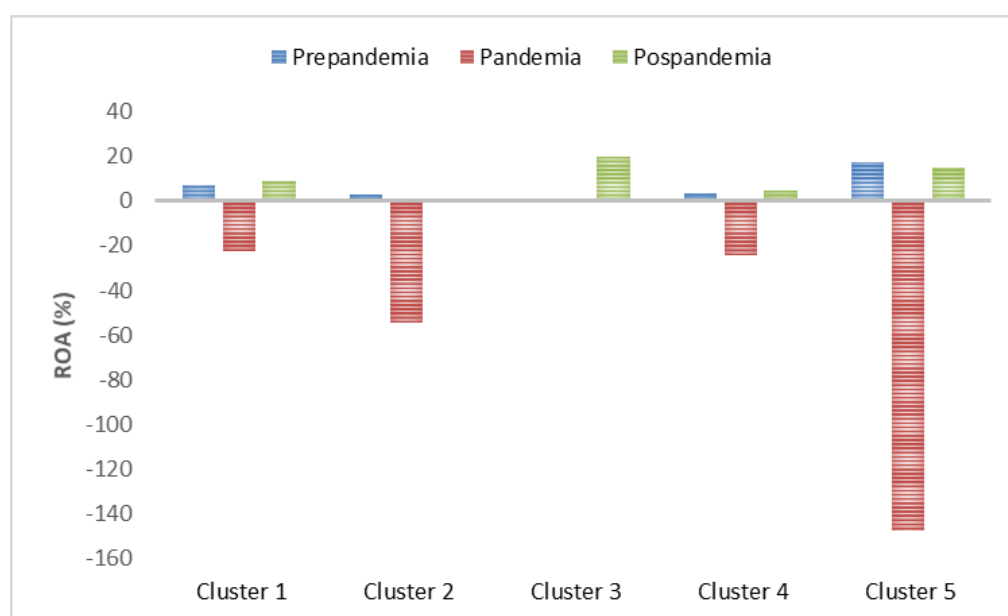
Un arista importante de los resultados de conglomerados que proporcionó K-means fue el comportamiento de entrada y salida de empresas en los períodos de análisis. La Tabla 17 sugiere que hay un crecimiento en el número de empresas del sector manufacturero del Ecuador. En la prepandemia el número total de empresas fue de 5024, en la pandemia cayó a 4525 y en el período pospandemia creció hasta llegar a 6435. El cluster de mayor crecimiento es el 5, compuesto por empresas caracterizadas informales, de comportamiento heterogéneo y diversidad estructural que pasó de 752 en la pandemia a 1390 en la pospandemia.

### **Análisis de cluster por período**

La Tabla 18 y la Figura 13 muestran que el impacto en el ROA promedio fue de diferente magnitud entre los grupos generados por K-means en el contexto del COVID-19 y la respuesta de cada cluster a la flexibilización laboral y el alivio financiero propiciados por la LOAH.

**Figura 13**

*ROA Promedio por período pandémico y por cluster*



El análisis del ROA promedio por cluster y periodo reveló diferencias en la rentabilidad del activo entre los grupos empresariales identificados y los tres momentos analizados: prepandemia (2017–2019), pandemia (2020–2021) y pospandemia (2022–2024). La comparación de los resultados permite vincular las trayectorias de rentabilidad con los factores latentes asociados a cada conglomerado, evidenciando tanto los efectos de la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario como las dinámicas de ajuste estructural y recuperación pospandemia.

**Tabla 18**

*ROA promedio por cluster y período*

| Periodo     | Cluster 1 | Cluster 2 | Cluster 3 | Cluster 4 | Cluster 5 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Prepandemia | 0,07      | 0,03      | 0,00      | 0,04      | 0,17      |
| Pandemia    | -0,23     | -0,55     |           | -0,24     | -1,48     |
| Pospandemia | 0,09      | 0,01      | 0,20      | 0,05      | 0,15      |

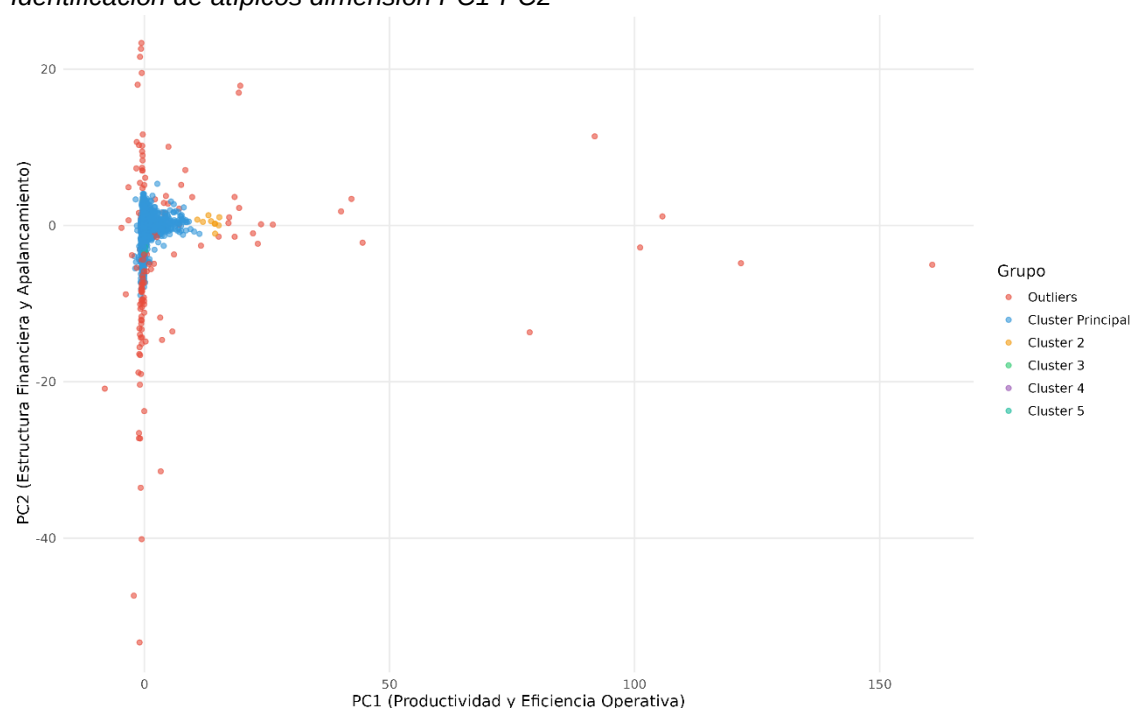
Durante la etapa prepandemia, todos los clusters presentaron valores de ROA positivos, lo que sugiere un entorno de estabilidad relativa previo a la crisis sanitaria. Las empresas del Cluster 1 (vulnerables y dependientes de alivio financiero) registraron una rentabilidad moderada (7%), mientras que el Cluster 2 (empresas medianas estables) y el Cluster 3 (empresas de gran fortaleza patrimonial) mostraron niveles de rentabilidad ligeramente inferiores (3% y 0%, respectivamente). El Cluster 4, asociado con procesos de reconfiguración financiera, y el Cluster 5, caracterizado por su diversidad estructural, obtuvieron también resultados positivos (4% y 17%), reflejando un desempeño heterogéneo pero saludable antes de la crisis.

En la fase pandémica, todos los grupos experimentaron una fuerte contracción de la rentabilidad, coherente con los efectos negativos del confinamiento, la caída de la demanda y la disrupción de las cadenas productivas. Las empresas del Cluster 2 (-55%) y, especialmente, del Cluster 5 (-148%) mostraron las mayores pérdidas, lo que indica una alta sensibilidad a los choques externos. En contraste, el Cluster 1 (-23%) y el Cluster 4 (-24%) presentaron caídas más moderadas, posiblemente mitigadas por la flexibilización laboral y las medidas de alivio financiero establecidas por la LOAH entre 2020 y 2022. Estos resultados concuerdan con la relevancia contextual de los componentes PC1 (eficiencia laboral) y PC6 (endeudamiento y vulnerabilidad), que influyeron directamente en la supervivencia de las empresas más frágiles.

En el periodo pospandemia, la mayoría de los clusters muestran una recuperación significativa del ROA, aunque con distinta magnitud. El Cluster 3 alcanza el mayor nivel de rentabilidad (20%), consolidando su posición como el grupo más resiliente, en línea con la dimensión PC2 (fortaleza patrimonial y liquidez). El Cluster 1 también presenta una mejora (9%), lo que sugiere una reactivación posterior al alivio financiero y cierta estabilidad operativa. En tanto, los Clusters 4 y 5 mantienen rentabilidades positivas (5% y 15%), indicando una reconfiguración financiera exitosa y la reapertura gradual de la actividad manufacturera. Finalmente, el Cluster 2 muestra una recuperación marginal (1%), posiblemente relacionada con estructuras empresariales más conservadoras o con menor capacidad de adaptación al nuevo contexto.

### **Agrupamiento DBSCAN**

El análisis DBSCAN formó 5 clusters que se muestran en la Figura 14, entre ellos uno de Outliers con 169 observaciones (0,6% del total) correspondientes a 161 empresas únicas con comportamientos financieros atípicos en el espacio de componentes principales. El Cluster Principal tiene 6440 empresas con el 99,3% de las observaciones y 4 clusters numerados del 2 al 5 con grupos muy pequeños de entre 5 y 9 observaciones.

**Figura 14***Identificación de atípicos dimensión PC1-PC2*

La Tabla 19 muestra también que este grupo presenta indicadores significativamente diferentes del resto de empresas: mientras el Cluster Principal presenta un promedio de pérdidas del 5% (ROA), el Cluster de Outliers pierde en promedio 340 puntos porcentuales más.

**Tabla 19***Comparación Cluster Atípicos - Población*

| Ratio           | Atípico | Resto  | Diferencia |
|-----------------|---------|--------|------------|
| ROA (%)         | -345    | -5     | -340       |
| Ventas/Empleado | 128559  | 137021 | 8462       |
| Apalancamiento  | 8,83    | 8,73   | 0,10       |
| Liquidez Ácida  | 2,55    | 10,73  | -8,18      |
| PC1             | 6,27    | -0,04  | 6,31       |

El conteo de las empresas del Cluster Atípico por tamaño es relativamente equilibrado, 41 son micro, pequeñas 58, medianas 41 y grandes empresas 29.

Un hallazgo significativo fue que el análisis por período, reveló que en pospandemia el número de empresas atípicas creció (69), con respecto prepandemia (52) y pandemia (48).

La importancia de DBSCAN, precisamente es que permite identificar conglomerados atípicos que como en este caso puede requerir atención y análisis especiales que escapan al propósito del presente estudio.

### **Resumen y evaluación de los algoritmos utilizados**

El Análisis de Componentes Principales (ACP) constituyó una técnica esencial en el presente estudio, ya que permitió reducir la dimensionalidad del conjunto de razones financieras utilizadas. Simultáneamente, el ACP facilitó la generación de constructos latentes claramente definidos que posibilitaron la comprensión de las características del desempeño empresarial en dimensiones clave, tales como: productividad, política laboral, estructura de capital, liquidez y rentabilidad medida por el rendimiento sobre activos (ROA). Este análisis se realizó a través de los períodos diferenciados de prepandemia, pandemia y pospandemia.

Por su parte, el algoritmo K-means se aplicó para agrupar las empresas con base en su desempeño y lograr su caracterización dinámica a lo largo de los períodos de estudio.

Finalmente, se empleó el algoritmo DBSCAN con el propósito de identificar conglomerados y discernir aquel subgrupo que exhibía características de desempeño atípicas (anómalas).

### **Conclusiones parciales y posibles limitaciones del estudio**

Los resultados de la aplicación de los algoritmos K-means y DBSCAN, permitieron evaluar de manera empírica el impacto de la LOAH en el contexto del COVID-19, confirmando la heterogeneidad del impacto por tamaño empresarial y capacidad de adaptación. Se evidenció que las empresas que aplicaron ajustes laborales lograron preservar su rentabilidad, mientras que las más pequeñas dependieron en mayor medida de los alivios financieros. En la etapa pospandemia, se detectó una recuperación progresiva de los niveles de remuneración y productividad, sin que se pueda generalizar que alcanzaron niveles superiores a los de prepandemia. Se pudo también caracterizar un grupo de empresas cuya rentabilidad es significativamente menor al promedio del sector manufacturero que requieren un análisis más profundo que escapa del objetivo de la presente investigación.



## Laboratorio 3: Enfoque Toma de Decisiones

### Objetivos

- Integrar las técnicas de Matriz de Correlación de Spearman, Análisis de Componentes Principales (ACP) y el algoritmo K-Nearest Neighbors (K-NN) para identificar las razones financieras que caracterizan una recuperación sostenida de las empresas en la pospandemia y clasificarlas en dos grupos: empresas recuperadas y no recuperadas.
- Evaluar la capacidad predictiva del modelo K-NN para clasificar a las empresas del sector manufacturero ecuatoriano según su condición de recuperación o deterioro del rendimiento sobre los activos en el período pospandemia.

### Métodos

Con un conjunto de 12 ratios financieros seleccionados previamente con la aplicación de la Matriz de Correlación de Spearman y el Análisis de Componentes Principales con el propósito de reducir la dimensionalidad manteniendo una varianza acumulada igual o superior al 80%, se entrenó un modelo de clasificación supervisado K-NN para caracterizar las empresas que recuperan la rentabilidad de los activos luego de la pandemia

Para disminuir la asimetría, los valores de los indicadores financieros, expresados en tanto por uno, fueron transformados con el algoritmo Yoe-Johnson; y, para eliminar las diferencias de escala normalizados con Z-Score.

Como preparación del modelo se incluyó la variable binaria denominada “recupera\_roa”, que identifica si una empresa del sector manufacturero logra una recuperación sostenible de la rentabilidad del activo (ROA) en el período pospandemia respecto a la etapa pandémica (2020–2021). Para el efecto se calcula la variable ROA\_Incr restando al ROA promedio pospandemia el ROA promedio de la pandemia. La codificación fue la siguiente:

- 1 (sí): mejora del ROA promedio pospandemia  $\geq 0,03$  y nivel de ROA  $\geq 0,02$ .
- 0 (no): no cumple los criterios de recuperación sostenida.

Esta etiqueta permitió evaluar la eficacia de las políticas de alivio financiero y la capacidad de resiliencia de las empresas frente a los choques derivados del COVID-19 y la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (LOAH).

Se utilizaron 3 nuevas variables por empresa con el ROA promedio en los periodos de análisis necesarios para las comparaciones y el cálculo de la etiqueta:

- ROA\_Prom\_Pre: promedio prepandemia (2017–2019)
- ROA\_Prom\_Pand: promedio pandemia (2020–2021)
- ROA\_Prom\_Pos: promedio pospandemia (2022–2024)

Con estos ajustes las variables seleccionadas para el modelo, tras el proceso de ajuste, se clasifican de la siguiente manera:

1. Variables predictoras (12)

- Deuda financiera sobre pasivo (Estructura de Capital)
- Liquidez ácida (Liquidez)
- Apalancamiento (Estructura de Capital)
- Ventas por empleado (Productividad)
- Utilidad neta por empleado (Eficiencia)
- Valor agregado por empleado (Productividad)
- Remuneración promedio (Política Laboral)
- Remuneraciones sobre ventas (Eficiencia/Costos)
- Activos por empleado (Eficiencia del Capital Humano)
- Utilidad neta sobre ventas (Rentabilidad)
- Solvencia (Capacidad de Pago a Largo Plazo)
- ROA (Rentabilidad sobre la inversión)

2. Variables Categóricas únicamente para clasificación

- Año
- Identificación empresa
- Tamaño
- Período

Para no romper la consistencia longitudinal de los datos y evitar problemas de cálculo que realiza el algoritmo K-NN, se eliminaron los registros de las empresas que no tienen información en uno de los períodos. El número de empresas que permanecen en el conjunto de datos es 2641 que representa el 41% del conjunto original; y, corresponde a 18909 observaciones distribuidas en prepandemia (7042), pandemia (4976), y pospandemia (6891).

El entrenamiento del modelo se realizó con el 80% de empresas y el 20% se utilizó como conjunto de prueba.

No se incluyó como variable predictora el promedio del ROA en la pospandemia para evitar el sesgo por fuga de información al introducir resultados ya conocidos en la etapa de entrenamiento.

## Resultados y discusión

### Rentabilidad de los Activos: Análisis comparativo pandemia y pospandemia

Para analizar el comportamiento del ROA en la pospandemia respecto de la pandemia, se calculó el incremento del ROA para la muestra de 2641 empresas.

En todo el sector manufactura el incremento de la rentabilidad sobre los activos en la etapa pospandemia respecto de la pandemia fue en promedio del 16,1% con una mediana del 2% y una desviación estándar del 98.4%

En la Tabla 20 se puede observar los estadísticos del cambio del ROA entre las etapas de análisis por tamaño de empresa.

**Tabla 20**

*Estadísticas descriptivas: Variación del ROA Pospandemia vs Pandemia*

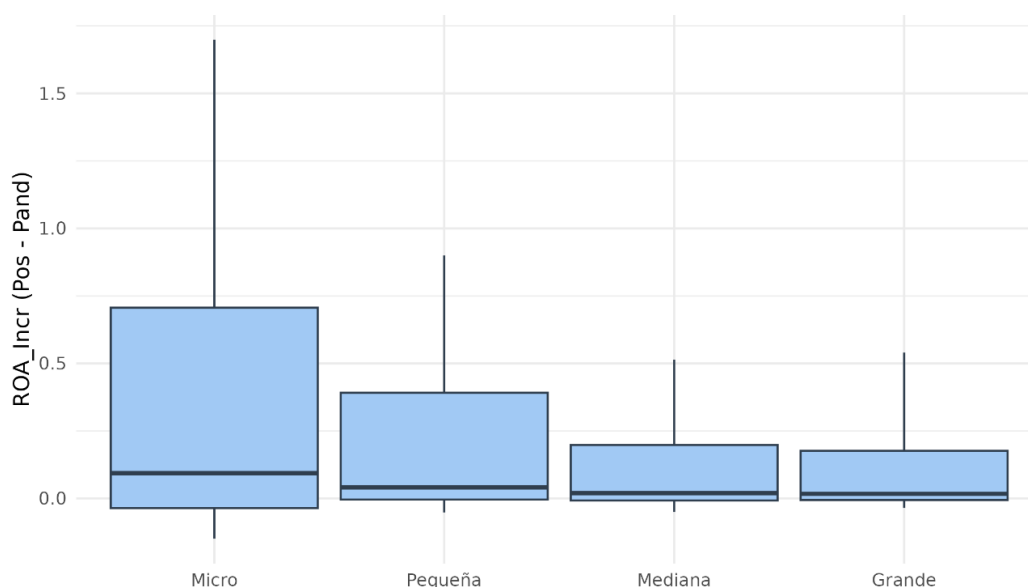
| Tamaño     | Cantidad | Min     | p10    | q1     | Mediana | Media | q3    | p90   | Max     |
|------------|----------|---------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|---------|
| Micro      | 540      | -21,949 | -0,149 | -0,036 | 0,094   | 1,063 | 0,706 | 1,699 | 188,066 |
| Pequeña    | 940      | -1,249  | -0,052 | -0,005 | 0,041   | 0,313 | 0,391 | 0,900 | 15,322  |
| Mediana    | 662      | -4,272  | -0,050 | -0,008 | 0,019   | 0,158 | 0,198 | 0,514 | 4,059   |
| Grande     | 499      | -0,860  | -0,035 | -0,006 | 0,017   | 0,151 | 0,176 | 0,540 | 1,922   |
| Total emp. | 2641     |         |        |        |         |       |       |       |         |

*Nota: Valores expresados en tanto por uno*

Las mayores variaciones se dieron en las microempresas (min. 2194,9% y máx. 18806.6%), sin embargo, en promedio el ROA se incrementó en un 106.3%; mientras mayor es el tamaño de las empresas, el promedio de incremento del ROA disminuye, así como la dispersión. Las grandes empresas muestran en promedio un incremento del 15.1% en la rentabilidad de los activos.

**Figura 15**

*Incremento del ROA Promedio Pospandemia vs Pandemia (tanto por uno)*



La caja de bigotes de la Figura 15, revela diferencias en la variabilidad y en la magnitud de la mejora del ROA (Pospandemia-Pandemia) según el tamaño empresarial. Las empresas micro muestran la mayor mejora en la mediana (9.4%) y el rango más amplio de resultados, evidenciando una elevada dispersión y la presencia de algunos casos con incrementos excepcionales en el rendimiento sobre los activos. En contraste, las empresas pequeñas presentan una mejora positiva (4.1%) en la mediana, aunque inferior a la de las microempresas,

junto con una menor dispersión. Las empresas medianas exhiben la menor mejora mediana entre todas las categorías, con una distribución concentrada cerca de cero, lo que sugiere un cambio general limitado en su rentabilidad. Finalmente, las empresas grandes registran una mejora igualmente baja (1.7% ) de la mediana y la menor dispersión del conjunto, lo que indica resultados más homogéneos y una menor variabilidad en la evolución de su desempeño financiero.

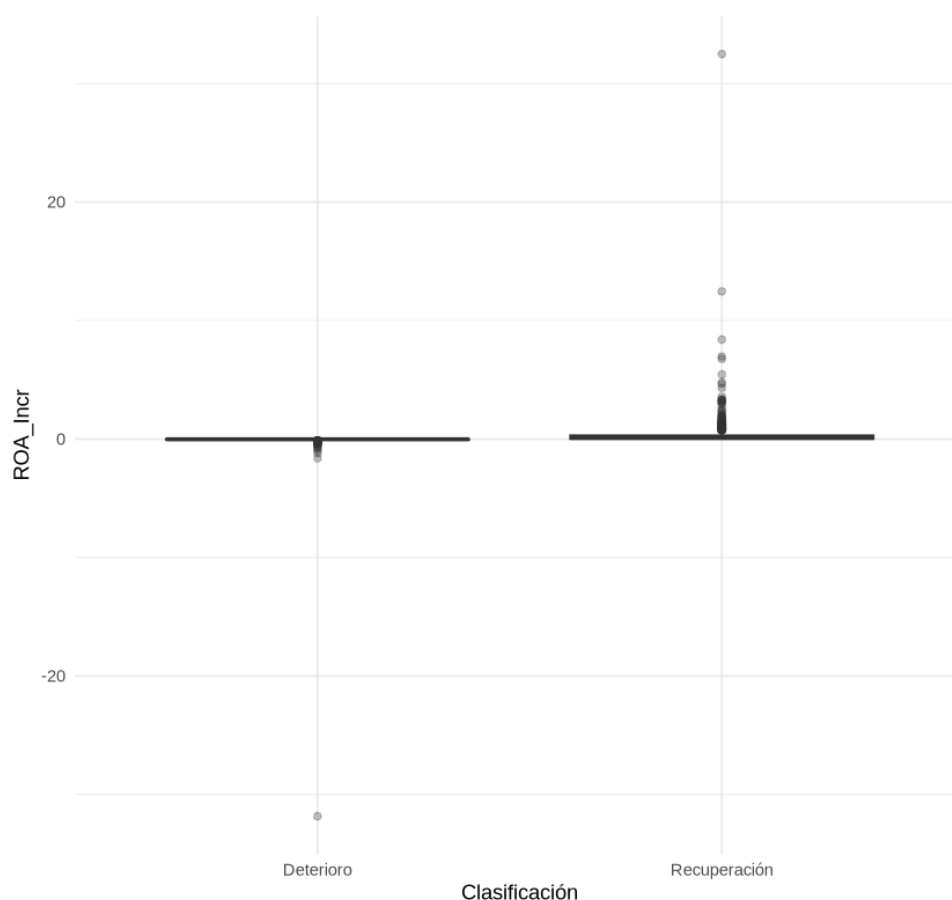
### Empresas en recuperación y empresas en deterioro

La Figura 16 se presenta un diagrama de caja (box plot) que diferencia a las empresas en recuperación, definidas por la fórmula  $Recuperación = ROA\_Incr > 0$ , de aquellas en deterioro, definidas por  $Deterioro = ROA\_Incr < 0$ .

El análisis revela que la mayoría se encontraba en una fase de recuperación económica tras el período de la crisis provocada por la pandemia. La Figura 17 indica que 1828 empresas, que representan el 69,22% del total, se clasificaron en la categoría de recuperación, mientras que el 30,78% restante (813 empresas) se ubicó en el estado de deterioro.

**Figura 16**

*Box Plot comparativo: Empresas en recuperación vs empresas en deterioro*

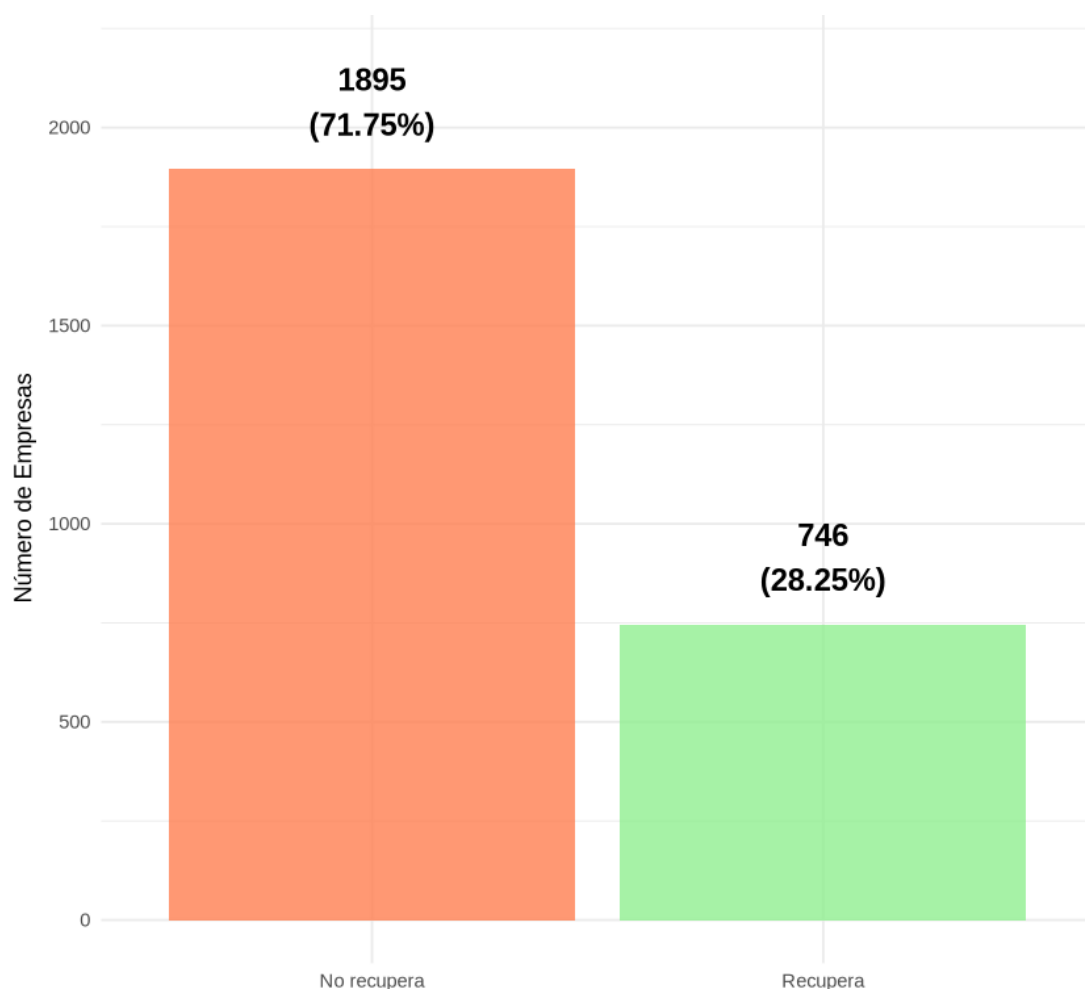


La introducción de la variable dicotómica que indica la recuperación del ROA en la pospandemia viene dada por el incremento mayor al 3% y de no haber un incremento, la rentabilidad de los activos sea de por lo menos del 2%, cambia la proporción de empresas en recuperación y deterioro. La aplicación de esta medida, al ser metodológicamente más exigente que la simple diferencia entre indicadores de los períodos pospandemia y pandemia, altera significativamente la proporción de empresas clasificadas en recuperación y deterioro. Bajo este criterio, las empresas en recuperación suman 746 (28.25%) y las empresas en deterioro alcanzan las 1,895 (71.75%), modificando sustancialmente las cifras de análisis.

Este hallazgo fue importante, ya que, si bien la mayoría de las empresas pudieron haber registrado un incremento en el ROA la condición estricta de recuperación (un incremento  $\geq 3\%$  y ROA promedio pospandemia  $\geq 2\%$ ) reduce los casos de empresas realmente recuperadas como ilustra la Figura 17.

**Figura 17**

*Recuperación del ROA en Pospandemia*



## Entrenamiento K-NN y resultados iniciales

Una vez realizada la transformación de datos para reducir la asimetría y homogenizar la escala de los 12 ratios financieros, se realizó el Análisis de Componentes Principales logrando mantener un 84.86% de varianza acumulada en los primeros 5 componentes.

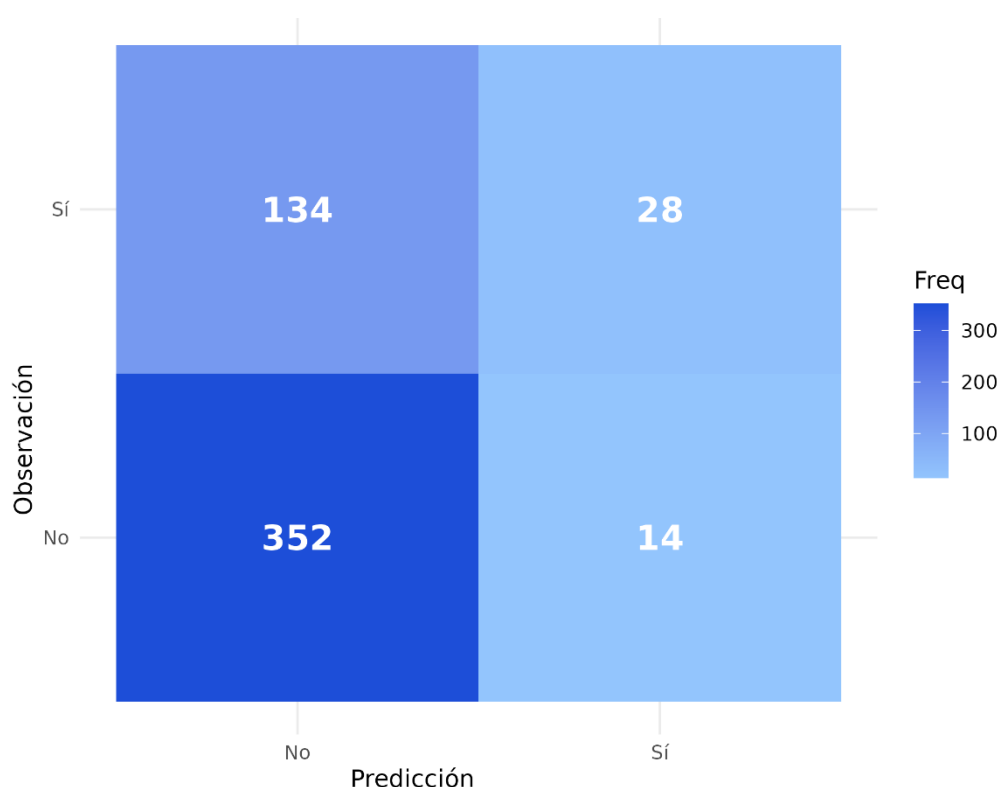
La primera corrida del modelo se realizó con un  $k = 5$  vecinos. Las métricas de rendimiento de la Tabla 21 sugieren que el modelo tiene un marcado desequilibrio en su desempeño, a pesar de alcanzar una precisión global relativamente alta (0.720). Este resultado se explica principalmente por la elevada especificidad que alcanza un valor de 0.962, lo cual indica que el modelo es altamente eficaz en la identificación de empresas en situación de deterioro, reduciendo significativamente la ocurrencia de falsos positivos. No obstante, esta fortaleza se obtiene a costa de una considerable pérdida en la capacidad predictiva de la clase positiva (recuperación), como se refleja en la baja sensibilidad de 0.173. Este valor implica que aproximadamente el 82.7 % de las empresas que realmente se están recuperando son clasificadas erróneamente como en deterioro (falsos negativos), lo que conlleva a un puntaje F1 reducido de 0.275. En términos estratégicos, el modelo presenta una orientación excesivamente conservadora, lo que lo hace inapropiado para contextos donde la identificación de oportunidades de recuperación resulta prioritaria, aunque podría ser útil en escenarios enfocados en la minimización del riesgo y la detección rigurosa de situaciones de deterioro.

**Tabla 21**

*Métricas de rendimiento K=5*

| <b>Métrica</b> | <b>Valor</b> |
|----------------|--------------|
| Rendimiento    | 0,720        |
| Precisión      | 0,667        |
| Sensibilidad   | 0,173        |
| Especificidad  | 0,962        |
| Medida F1      | 0,275        |

La matriz de confusión de la Figura 18 indica que: Los verdaderos negativos sumaron 352, que corresponden a las empresas que no lograron una recuperación estricta y fueron clasificadas correctamente como tales. En contraste, se identificaron 28 verdaderos positivos, que representan las empresas que sí alcanzaron la recuperación y fueron predichas con precisión. Respecto a los errores de clasificación, se registraron 14 falsos positivos, que son las empresas que no se recuperaron, pero fueron incorrectamente predichas como recuperadas. Finalmente, se identificaron 134 falsos negativos, lo que indica que una parte significativa de las empresas que sí se recuperaron fueron erróneamente clasificadas como no recuperadas por el modelo. Si bien el modelo puede ser conservador en sus predicciones positivas (buena Precisión), es ineficaz para el objetivo de identificar y capturar las oportunidades de recuperación empresarial.

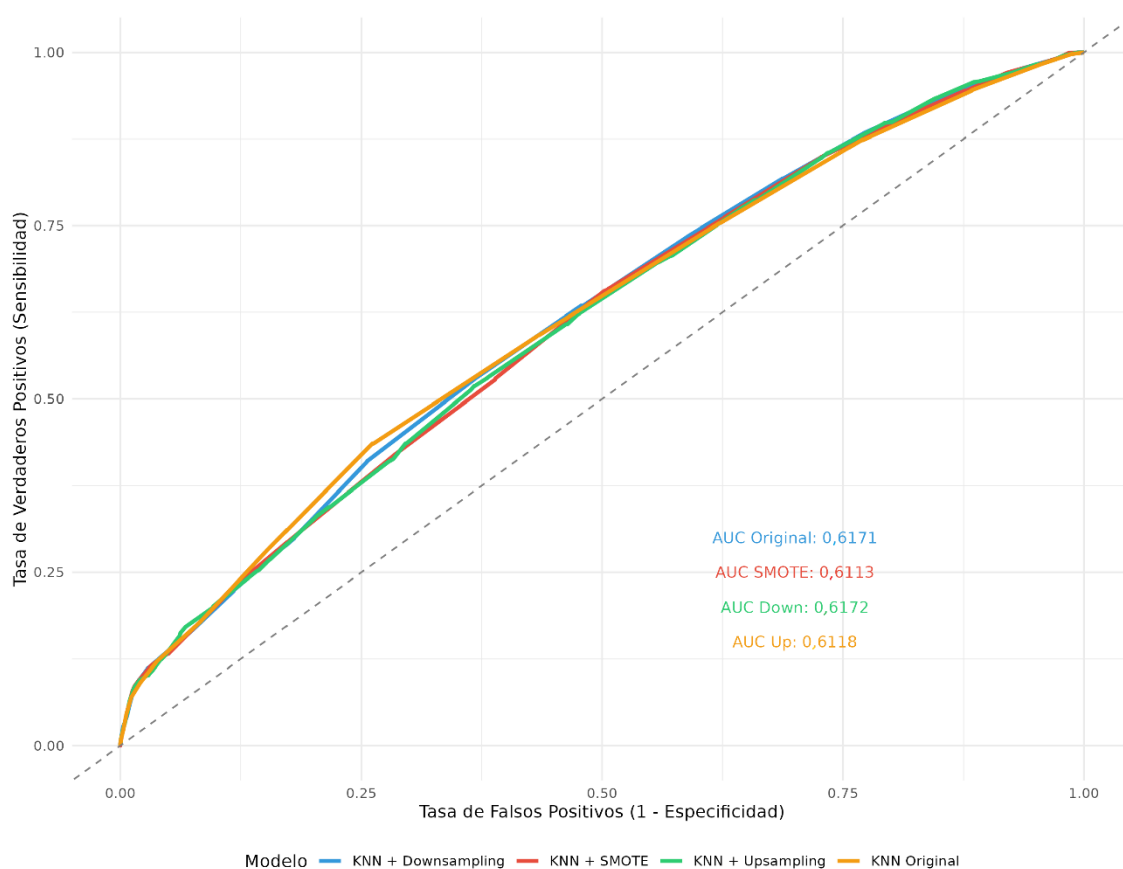
**Figura 18***Matriz de confusión K-NN K=7***Iteraciones del modelo K-NN**

Con los resultados obtenidos se ajustó el umbral Youden a 0,1964 aumentando la sensibilidad al 77% (reducción de falsos negativos) a costa de menor rendimiento global (66,59%) y menor especificidad (62,14%).

**Tabla 22***Comparativa de métricas K-NN*

| Modelo             | K  | Rendimiento | Sensibilidad | Especificidad | Precisión | Medida F1 |
|--------------------|----|-------------|--------------|---------------|-----------|-----------|
| KNN k=5            | 5  | 0,7197      | 0,1728       | 0,9617        | 0,6667    | 0,2745    |
| KNN Original       | 15 | 0,6348      | 0,2829       | 0,8469        | 0,5267    | 0,3681    |
| KNN + SMOTE        | 30 | 0,6368      | 0,2045       | 0,8973        | 0,5455    | 0,2975    |
| KNN + Downsampling | 30 | 0,5801      | 0,5803       | 0,5799        | 0,4543    | 0,5096    |
| KNN + Upsampling   | 30 | 0,5744      | 0,5706       | 0,5767        | 0,4482    | 0,5020    |

Posteriormente se usaron técnicas para mejorar el rendimiento del modelo controlando el submuestreo y el sobremuestreo, generando varias iteraciones para balancear las clases minoritarias, pero en general no mejoraron las métricas de calidad del modelo. Según las métricas de la Tabla 22, el modelo K-NN con downsampling (k=30) presenta el mejor desempeño integral (Rendimiento = 0,6172; F1 = 0,5096), siendo el más equilibrado en sensibilidad y precisión. Es el más adecuado para la clasificación de recuperación del ROA.

**Figura 19***Curvas comparativas de Modelos K-NN*

El modelo KNN ( $k=7$ ), aunque tiene alta precisión global, presenta un sesgo significativo hacia la clase negativa y bajo poder discriminante ( $AUC=0,32$ ): y, los modelos KNN Original y KNN + SMOTE ofrecen resultados aceptables, pero no superan el equilibrio alcanzado con downsampling.

Los resultados reflejan la heterogeneidad estructural del sector manufacturero ecuatoriano. Las empresas no recuperadas presentan patrones financieros más consistentes, facilitando su identificación, mientras que las empresas recuperadas muestran trayectorias más diversas. Esto dificulta su detección mediante modelos basados en similitud, como K-NN. La Figura 19 ilustra que el modelo con downsampling logra una mejor representación de ambas condiciones empresariales, al equilibrar la influencia de cada clase y evitar el sesgo de sobreajuste a la mayoría.

Con relación a la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario (2020–2022), los resultados sugieren que las empresas que aprovecharon los mecanismos de alivio financiero y flexibilización laboral se asocian con los casos correctamente clasificados como “recuperadas” por el modelo con downsampling. Esto indica que la combinación de políticas públicas y decisiones financieras internas influyó significativamente en la resiliencia empresarial pospandemia.



Por otro lado, es importante que los encargados de la política pública en cuanto al sector manufacturero tomen medidas urgentes para que las empresas identificadas como “no recuperada” puedan enrumbarse hacia la recuperación.

### **Conclusiones parciales y posibles limitaciones del estudio**

El modelo K-NN permitió identificar patrones financieros asociados con la recuperación del ROA pospandemia en el sector manufacturero ecuatoriano. El enfoque de Downsampling ofreció el mejor equilibrio entre sensibilidad y precisión, evidenciando que la resiliencia empresarial se relaciona con decisiones financieras y políticas de apoyo como la LOAH. No obstante, el modelo presenta limitaciones derivadas de la calidad de información, la pérdida de datos en el balanceo de clases y la naturaleza heterogénea de los datos financieros longitudinales.

Al contrastar los resultados del análisis con la evolución del Producto Interno Bruto (PIB) del sector real ecuatoriano y, en particular, del sector manufacturero —según las publicaciones del Banco Central del Ecuador (2025)— se observa que el crecimiento económico durante la etapa pospandemia superó al registrado en el período prepandemia, lo que coincide con el comportamiento positivo del ROA promedio en los mismos intervalos temporales (véase Tabla 8). No obstante, un examen más detallado orientado a determinar si las empresas efectivamente se encuentran en un proceso de recuperación revela ciertas inconsistencias, atribuibles a la heterogeneidad estructural y operativa que caracteriza al sector manufacturero.

Finalmente, se recomienda estudios de mayor profundidad que determinen la situación real de empresas del sector manufacturero ecuatoriano ya que el presente análisis identificó una cantidad no menor de empresas que no se han recuperado aún de los efectos causados por la crisis sanitaria.

## Laboratorio 4: Enfoque de Robustez

### Objetivo

- Validar los supuestos de los modelos estadísticos aplicados, identificando cuáles se cumplen y cuales no son aplicables.

### Métodos

Se analizaron dos enfoques de modelos aplicados a la base de datos, en la Tabla 23 se muestran los diferentes supuestos y su aplicabilidad en cada uno de los modelos, así como las pruebas correspondientes.

**Tabla 23**

*Supuestos analizados para cada modelo*

| Supuesto                     | Clustering (K-means/<br>DBSCAN)                                                                    | K-NN                                                                                               |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Normalidad                   | Shapiro-Wilk<br>Lilliefors<br>Anderson Darling<br>Jarque-Bera<br>(Aplicable a variables continuas) | Shapiro-Wilk<br>Lilliefors<br>Anderson Darling<br>Jarque-Bera<br>(Aplicable a variables continuas) |
| Homocedasticidad             | Levene (comparación de varianzas entre clusters)                                                   | Levene (comparación de varianzas entre clases)                                                     |
| Ortogonalidad                | Correlaciones entre predictores ( $r < 0.8$ esperado)                                              | Correlaciones entre predictores ( $r < 0.8$ esperado)                                              |
| Independencia                | Asumida (no se verifica en Clustering)                                                             | Asumida (no se verifica en K-NN)                                                                   |
| ANOVA / MSE / R <sup>2</sup> | ANOVA para comparar MSE entre clusters                                                             |                                                                                                    |

## Laboratorio 2

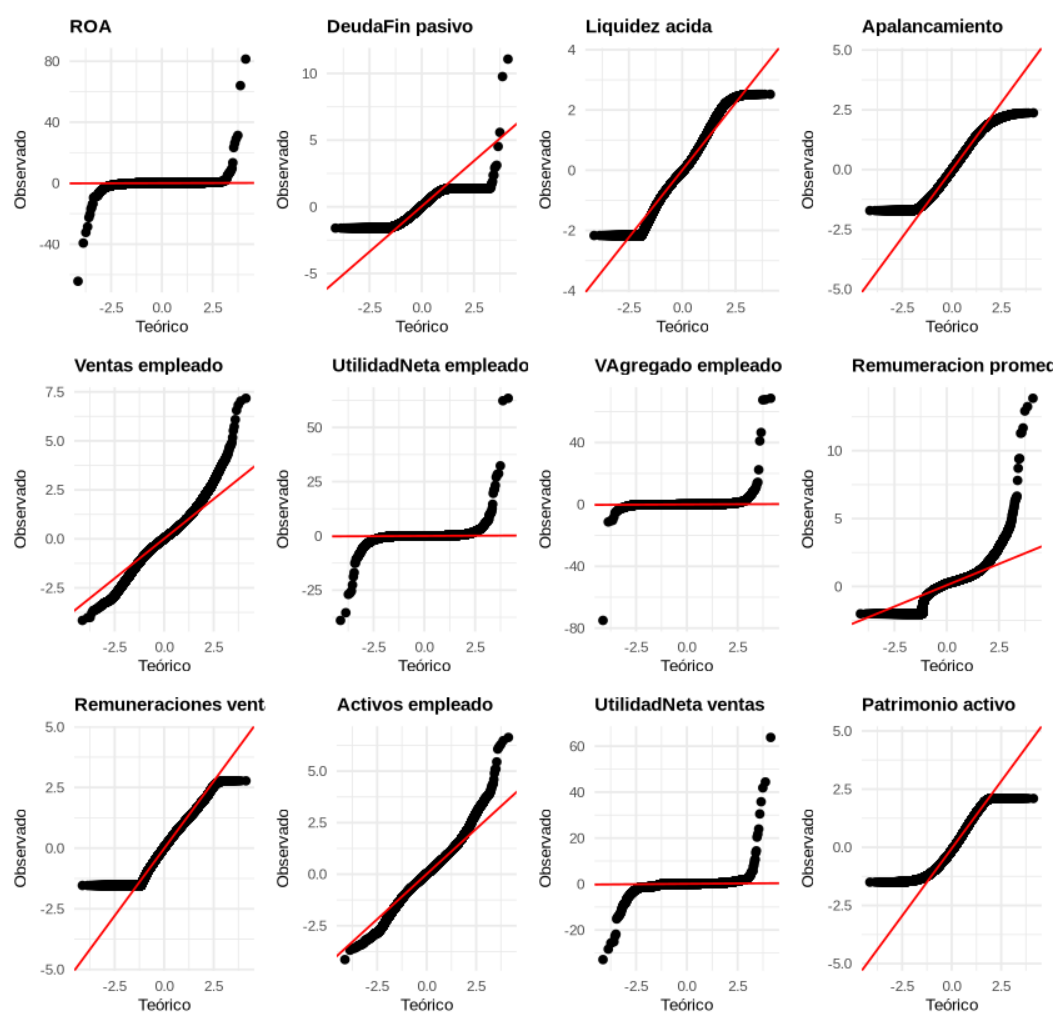
### Evaluación K-Means

Para evaluar la normalidad se aplicaron las pruebas de Shapiro-Wilk y Jarque-Bera, esta última es más apropiada para conjuntos de datos grandes. Los resultados se pueden revisar en la Tabla 24. Se comprobó que ninguno de los ratios financieros, incluido el ROA presenta una distribución normal.

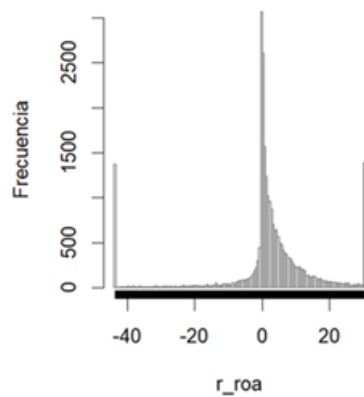
Las Figuras 20 (gráficos Q-Q plot) y 21 (distribución del ROA) evidencian visualmente la ausencia de normalidad, mostrando desviaciones notorias en las colas de la distribución.

**Tabla 24***Resultados de pruebas de normalidad de Jarque-Bera y Shapiro-Wilk*

|    |         |                       | P_valor     | P_valor      |        |
|----|---------|-----------------------|-------------|--------------|--------|
|    | Modelo  | Ratio_nombre          | Jarque-Bera | Shapiro-Wilk | Normal |
| 1  | K-means | Liquidez_acida        | 0           | 2,951e-71    | No     |
| 2  | K-means | ROA                   | 0           | 6,969e-62    | No     |
| 3  | K-means | Ventas_empleado       | 0           | 4,587e-67    | No     |
| 4  | K-means | Remuneracion_promedio | 0           | 8,006e-50    | No     |
| 5  | K-means | Activos_empleado      | 0           | 1,917e-77    | No     |
| 6  | K-means | VAgregado_empleado    | 0           | 3,106e-36    | No     |
| 7  | K-means | UtilidadNeta_ventas   | 0           | 5,786e-78    | No     |
| 8  | K-means | Remuneraciones_ventas | 0           | 4,267e-61    | No     |
| 9  | K-means | Apalancamiento        | 0           | 7,393e-75    | No     |
| 10 | K-means | UtilidadNeta_empleado | 0           | 7,393e-75    | No     |
| 11 | K-means | MargenOperativo       | 0           | 9,875e-65    | No     |
| 12 | K-means | DeudaFin pasivo       | 0           | 4,622e-45    | No     |

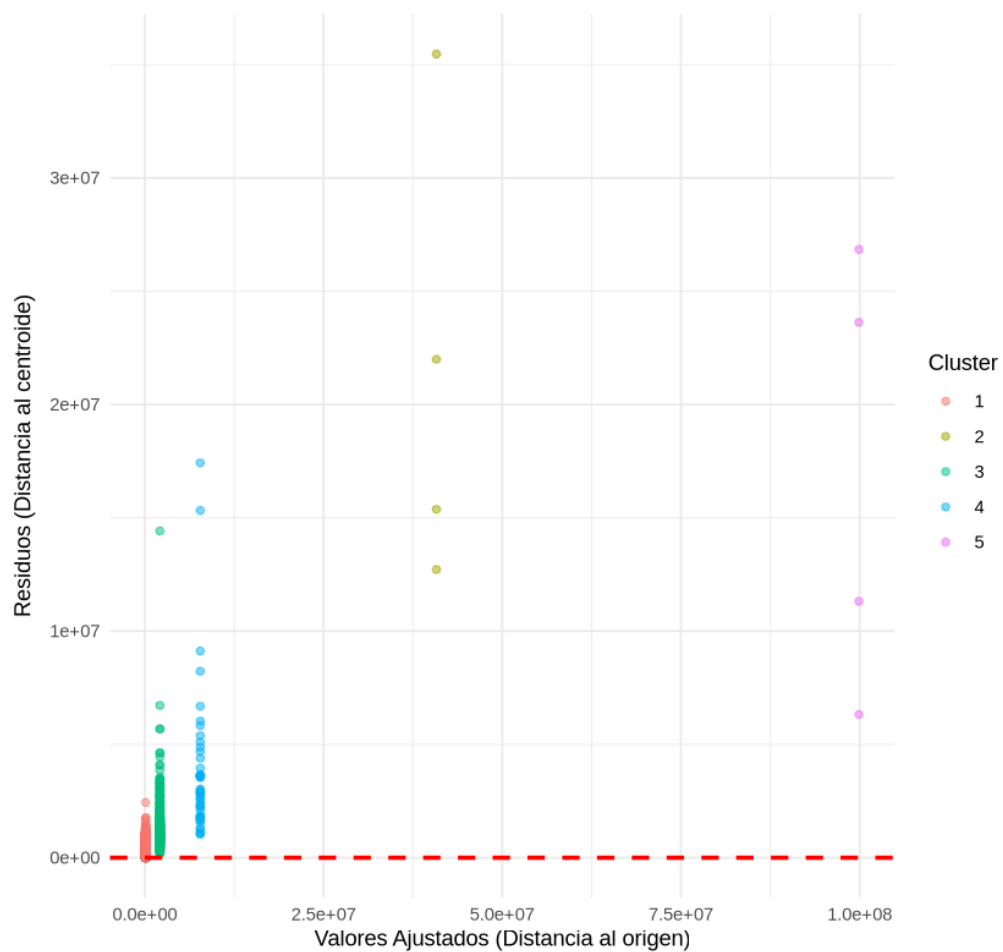
**Figura 20***Q-Q Plot Ratios Financieros*

**Figura 21**  
Distribución del ROA



En la Figura 22 se observa que los residuos no presentan una dispersión uniforme entre los distintos clústeres, lo que confirma que el algoritmo K-means identificó grupos con patrones de dispersión diferenciados.

**Figura 22**  
Residuos vs. valores ajustados (K-means)

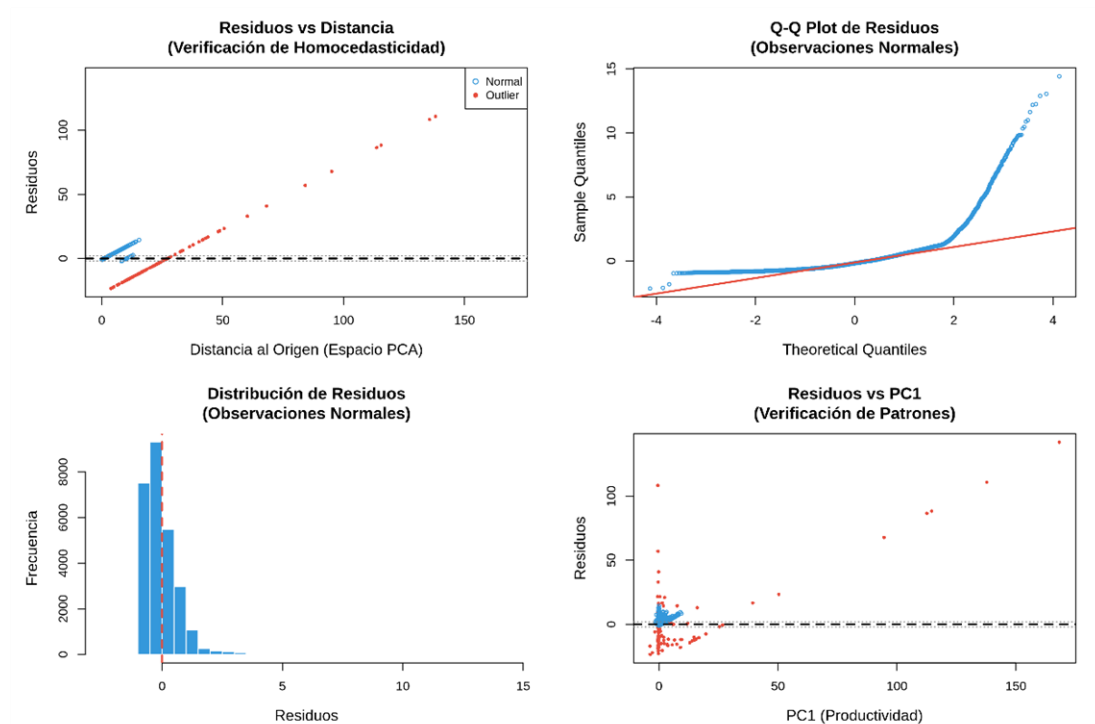


### Evaluación DBSCAN

Las gráficas de análisis de residuos del modelo DBSCAN mostrados en la Figura 23, evidencian heterocedasticidad y falta de normalidad, con mayor varianza en las observaciones alejadas del centro del espacio PCA. Los residuos presentan asimetría positiva y valores extremos, especialmente en los niveles extremos de productividad (PC1). Esto indica que el modelo identifica adecuadamente las regiones densas, pero muestra mayores errores en áreas de baja densidad, lo cual es coherente con el carácter no paramétrico y basado en densidad del algoritmo DBSCAN.

**Figura 23**

*Homocedasticidad, normalidad y patrones del modelo DBSCAN*

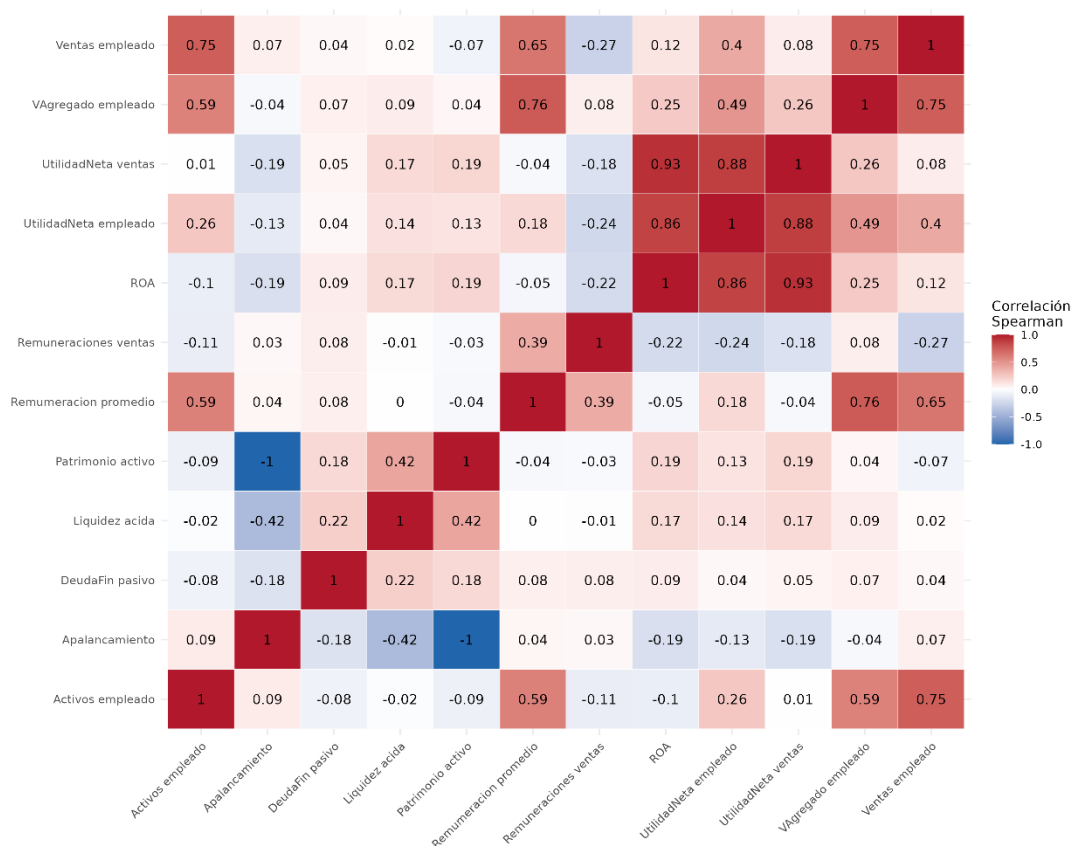


## Laboratorio 3

### Modelo supervisado K-NN

El algoritmo K-NN es un método no paramétrico, lo que significa que no asume una forma funcional específica de la distribución de los datos como la normalidad, linealidad o homocedasticidad. Su funcionamiento se basa exclusivamente en la distancia entre observaciones.

**Figura 24.**  
**Mapa de calor- Matriz de Correlación de Spearman**



Sin embargo, para escoger los ratios financieros que sustenten el modelo se realizaron pruebas de normalidad sobre estas variables, como en los apartados anteriores, además se realizó un Análisis de Componentes Principales, para lo que previamente se elaboró la matriz de correlación variables de Pearson de la Figura 24. Para evitar la colinealidad se escogieron las variables que no presentaron correlación positiva o negativa alta.

## Conclusiones y limitaciones

El análisis de los supuestos de los modelos reveló que las variables explicativas y predictoras no cumplieron con el supuesto de normalidad. No obstante, esta circunstancia no representa una limitación para los algoritmos centrales del presente estudio (K-means, DBSCAN y K-NN), dado que estos métodos pertenecen a la categoría de modelos no paramétricos y no se sustentan en el cumplimiento estricto del supuesto de distribución normal de los datos para su implementación. La ortogonalidad tampoco es un problema en los modelos utilizados porque ninguno se sustenta en las relaciones lineales de las variables sino más bien en el cálculo de distancias (generalmente euclidiana) o las transformaciones para unificar escalas y controlar la asimetría.

Las principales limitaciones fueron la calidad de los datos y la sensibilidad de las pruebas estadísticas para procesar conjuntos de datos grandes y asimétricos como son los datos financieros de las empresas.

Sin embargo, los resultados de los análisis realizados mediante los modelos son robustos y aportan significativamente al entendimiento de la situación financiera y rentabilidad de un sector tan importante de la economía como es la industria manufacturera.

## Conclusiones Generales

El análisis de la rentabilidad del activo (ROA) de las empresas manufactureras ecuatorianas entre 2017 y 2024 revela un marcado deterioro durante la pandemia de la COVID-19, especialmente en las micro y pequeñas empresas, el alivio financiero contemplado en la Ley Orgánica de Apoyo Humanitario para combatir la crisis sanitaria derivada del Covid-19, mitigó parcialmente sus efectos. En la etapa pospandemia, las medianas y grandes empresas evidenciaron una recuperación sostenida, alcanzando niveles superiores a los registrados antes de la crisis. La aplicación de los algoritmos K-Means y DBSCAN no solo confirmó la heterogeneidad del impacto según el tamaño empresarial y la capacidad de adaptación, sino también que las firmas que implementaron ajustes laborales lograron preservar su rentabilidad, mientras que las más pequeñas dependieron en mayor medida del apoyo financiero. Asimismo, el modelo K-Nearest Neighbors (K-NN) permitió identificar patrones financieros asociados con la recuperación del ROA pospandemia, en los cuales el enfoque de Downsampling mostró el mejor equilibrio entre sensibilidad y precisión. Estos hallazgos sugieren que la resiliencia empresarial en el sector manufacturero ecuatoriano depende tanto de decisiones financieras internas como de las políticas públicas de apoyo. Sin embargo, se evidencian limitaciones derivadas de la calidad y heterogeneidad de los datos, así como la persistencia de un grupo de empresas que aún no logra recuperar su rentabilidad, lo que plantea la necesidad de investigaciones más profundas sobre la sostenibilidad financiera y la eficacia de las políticas de apoyo en la reactivación industrial.



## Referencias bibliográficas

- Al-Zoubi, A. M. (2023). COVID-19 Pandemic and Financial Performance. *International Journal of Professional Business Review*.
- Banco Central del Ecuador. (2025). Recuperado el 5 de 10 de 2025, de [https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/SectorReal/ix\\_SectorRealPrin.html#](https://contenido.bce.fin.ec/documentos/informacioneconomica/SectorReal/ix_SectorRealPrin.html#)
- Banco Central del Ecuador. (2025). *Boletín Anuario No. 47*. Quito.
- Cabezas Albán, V. D. (diciembre de 2020). El Covid-19 y el derecho del trabajo: Sintomatología de un modelo en emergencia. *Iuris Dictio No. 26*. doi: DOI: <http://dx.doi.org/10.18272/iu.v26i26.1868>
- Chiang, K., Wang, Y.-Y., Ho, T.-C., Chen, Y.-S., & Chen, P.-C. (2 de marzo de 2023). The impact of COVID-19 on the productivity of large companies in Taiwan. Tainan, Taiwan.
- Gurrola Ríos, C., & Moreles Castro, J. A. (7 de Septiembre de 2021). Actividad Económica y Rentabilidad: Aprendeizaje de la crisis COVID-19 para empresas de consumo frecuente mexicanas. México, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025). *Encuesta ENESEM*. Quito.
- Ontaneda Jiménez, D. D., Mendieta Muñoz, L. R., Figueroa Campoverde, D. S., & Reino Chérrez, F. S. (2024). Corporate impact of the COVID-19 pandemic: An approximation based on business data. *Estudios Gerenciales*.
- Statista. (2025). Recuperado el 5 de 10 de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/635707/crecimiento-del-producto-interior-bruto-pib-global/>
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador. (2025). <https://appscvsgen.supercias.gob.ec>. Recuperado el 10 de 09 de 2025, de <https://appscvsgen.supercias.gob.ec/consultaCompanias/societario/estadosFinancierosPorRamo.jsf>
- Vuksanovic, N., & Aleksic, D. (2025). EXPLORING THE LINK BETWEEN THE COVID-19 CRISIS AND NON-EMPLOYMENT IN SERBIA: WHO WAS LEFT BEHIND? *ECONOMIC ANNALS, Volume LXX, No. 245*.