

Impacto de la producción industrial en la generación de aguas residuales de las empresas manufactureras del Ecuador

Ángel Geovanny Carrión Gavilanes¹; Alexandra Tatiana Valle Álvarez²;
María Teresa Coca Medina³; Michelle Dayana Guevara Bermúdez⁴

Resumen

Introducción: Las actividades industriales, a pesar de desempeñar un papel crucial en la economía de un país, han contribuido en el deterioro medioambiental, entre las que generan mayores impactos está la generación de aguas residuales que son vertidas al entorno sin recibir ningún tipo de tratamiento. **Objetivo:** Analizar el impacto de la producción manufacturera y la generación de aguas residuales del Ecuador. **Materiales y métodos:** El estudio es de tipo cuantitativo con tres niveles de investigación: descriptivo, correlacional y explicativo, con datos de corte transversal obtenidos del módulo de información económico-ambiental (ENESEM) año 2020, del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del Ecuador. Se analizaron las variables de estudio que son: la cantidad de aguas residuales generadas y tratadas y la producción del sector manufacturero medida por el Valor Agregado Bruto (VAB), a través de estadística descriptiva; seguido se aplicó un Rho de Spearman y por último un modelo de regresión lineal. **Resultados:** Entre los primeros resultados se evidencia que existe mayor generación de aguas residuales por parte de las grandes empresas, especialmente en las provincias de Guayas y Pichincha; además las aguas residuales presentan una correlación significativa media con la producción manufacturera. Finalmente, se calcula que por cada dólar de producción se genera un incremento de 0,551 m³/año de aguas residuales. **Conclusiones:** Las compañías tanto pequeñas, medianas y grandes tienen la responsabilidad de optar por estrategias de sostenibilidad ambiental para dar cumplimiento los objetivos de desarrollo sostenible.

Palabras clave: Producción manufacturera, aguas residuales, valor agregado bruto. Sostenibilidad, medio ambiente.

Impact of industrial production on wastewater generation by manufacturing companies in Ecuador

Abstract

Introduction: Industrial activities, despite playing a crucial role in a country's economy, have contributed to environmental deterioration, among those that generate the greatest impacts is the generation of wastewater that is discharged into the environment without receiving any type of treatment. **Objective:** To analyze the impact of manufacturing production and wastewater generation in Ecuador. **Materials and methods:** The study is quantitative with three levels of research: descriptive, correlational and explanatory, with cross-sectional data obtained from the economic-environmental information module (ENESEM) year 2020, of the National Institute of Statistics and Censuses (INEC) of Ecuador. The study variables were analyzed through descriptive statistics: the amount of wastewater generated and treated and the production of the manufacturing sector measured by Gross Value Added (GVA). Spearman's Rho was then applied, and finally a linear regression model. **Results:** Among the first results, it is evident that there is greater generation of wastewater by large companies, especially in the provinces of Guayas and Pichincha; in addition, wastewater has a significant average correlation with manufacturing production. Finally, it was calculated that for every dollar of production, an increase of 0.551 m³/year of wastewater was generated. **Conclusions:** Small, medium, and large companies have the responsibility to adopt environmental sustainability strategies to meet sustainable development goals.

Keywords: Manufacturing production, wastewater, gross value added, sustainability, environment.

Recibido: 3 de abril de 2024

Aceptado: 23 de agosto de 2024

¹ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Ambato-Ecuador, correo: ag.carrion@uta.edu.ec . Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8221-885X>

² Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Ambato-Ecuador, correo: alexandratvalle@uta.edu.ec, Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1000-2531>

³ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Ambato-Ecuador, correo: mt.coca@uta.edu.ec, Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-8745-7385>

⁴ Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Ambato-Ecuador, correo: michelleguevarab19@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8901-424X>

I. INTRODUCTION

A lo largo de la historia, el progreso humano ha mantenido una relación con el entorno natural, desde épocas anteriores a la revolución industrial hasta nuestros días (Lagüela et al., 2017), esta conexión se fundamenta en la necesidad de explotar los recursos naturales para la producción de bienes y servicios, los cuales han sido esenciales para satisfacer las demandas de la sociedad (Chicatto et al., 2018); sin embargo, a pesar del papel crucial que desempeñan las industrias en la economía de un país, su actividad ha tenido un impacto significativo en el deterioro ambiental (Barilari et al., 2020), este fenómeno se manifiesta en la emisión de contaminantes al aire, agua y suelo, con repercusiones negativas tanto para la salud humana como para el equilibrio del ecosistema. Estas consecuencias representan una preocupación para el bienestar actual y futuro de las generaciones venideras (Ike et al., 2020).

La industria manufacturera destaca como uno de los pilares fundamentales de la economía ecuatoriana, tanto por su contribución al producto interno bruto (PIB) y aportación al VAB (Valor agregado bruto), como por su significativa participación en el empleo formal (Aldás Salazar et al., 2024). En el año 2020, este sector representó el 12,53% del PIB nacional, generando ingresos por un total de 9 mil millones de dólares y empleando a aproximadamente uno de cada diez trabajadores formales (Lucero, 2020). Sin embargo, a pesar de su importancia económica, dicho sector también se destaca por su impacto ambiental, ocupando el segundo lugar en este aspecto, con una contribución del 52.95% (Revista Gestión, 2022). Además, para el año 2020 el VAB presenta una importante relación con la generación de residuos, es decir, conforme las industrias presenten un crecimiento, generan mayor cantidad de residuos (Aldas et al., 2022). No obstante, para el año 2021, se observó un cambio en esta tendencia, ya que descendió al quinto lugar en términos de impacto ambiental (Benavides, 2023). Este cambio se atribuye en gran medida a la implementación de prácticas más sostenibles, como el tratamiento de aguas residuales, donde el sector manufacturero registró una mejora significativa, con un 48.59% de las empresas implementando medidas de tratamiento, superando a otros sectores en este aspecto (INEC, 2023).

El deterioro de los cuerpos hídricos ha sido notablemente impactado por la descarga de aguas residuales sin tratamiento previo, lo que ha generado consecuencias adversas significativas (Chen et al., 2020). A nivel global, aproximadamente el 80% de las aguas residuales, tanto de origen municipal como industrial, son liberadas directamente al medio ambiente, incluyendo lagos, ríos y océanos, sin haber pasado por procesos de depuración (WWAP, 2019). En América Latina y el Caribe (ALC), se observan áreas con un alto estrés hídrico, especialmente en regiones densamente pobladas que albergan una intensa actividad económica, así como en territorios áridos y semiáridos, como la región del Cuyo en Argentina, el valle central de Chile, el noreste de Brasil, la costa peruana, el altiplano boliviano y el sur de Ecuador, entre otros lugares (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, [UNESCO], 2021).

Ecuador por su parte enfrenta importantes impactos ambientales derivados del tratamiento inadecuado de aguas residuales y desechos sólidos, resultado de actividades urbanas, agrícolas e industriales mal gestionadas, así como de la deforestación y la expansión urbana (Márquez, 2021). Esta situación se agrava debido a una gestión deficiente, caracterizada por la falta de infraestructuras adecuadas en las principales ciudades, como Quito, donde las aguas residuales se descargan directamente al río Machángara, con solo un 2% recibiendo algún tipo de tratamiento en la planta de tratamiento de Quitumbe (Paz, 2020).

En base a las consideraciones anteriores, la importancia de la sostenibilidad ambiental ha alcanzado un nivel crítico (Usubiaga-Liaño & Ekins, 2021), este imperativo surge como respuesta a los desafíos generados por las actividades industriales, así como a las directrices propuestas tanto por las partes interesadas como por los entes políticos (Jum'a et al., 2021). En consecuencia, se impone la necesidad ineludible de implementar estrategias de sostenibilidad en todos los ámbitos empresariales, priorizando tres dimensiones fundamentales: ambiental, económica y social, como señalan (Capetillo-Piñar et al., 2022), tomando en consideración los objetivos globales o también llamados objetivos de desarrollo sostenible (ODS) (UNESCO, 2017), con el propósito de garantizar la

sostenibilidad ambiental, la equidad y el acceso a las necesidades básicas (ONU, 2018).

El presente artículo tiene como objetivo analizar la producción manufacturera y el impacto en la generación de aguas residuales del Ecuador en el año 2020, con la finalidad de proporcionar un panorama actual de los desafíos ambientales a las industrias, para que estén en posición de identificar oportunidades para adoptar prácticas de producción más limpias y sostenibles desde el punto de vista ambiental. De esta manera, no solo mejorarán su imagen corporativa sino también contribuirán de manera significativa a la preservación del medio ambiente. El documento se encuentra estructurado en cuatro secciones: Primero, se expone el estado del arte de las variables de estudio, la segunda sección describe la metodología del estudio para comprender el tratamiento de la información. En la tercera los resultados, donde se presenta el comportamiento de las variables de estudio, su relación y su efecto. En la cuarta, se indica la discusión para contextualizar, interpretar y obtener conclusiones significativas de

los resultados de la investigación y por último se sintetizan los hallazgos más importantes.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se centra en las empresas dentro del sector manufacturero ecuatoriano, abarcando las medianas (tipo A y tipo B) y grandes empresas, la cual comprende un total de 703 entidades, cuyos datos se recopilaron del sitio web del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), a través de la ficha de registro del módulo de información económica-ambiental en empresas (ENESEM) correspondiente a la edición 2020. Para llevar a cabo este análisis exhaustivo, se empleó una técnica de investigación basada en el análisis documental, permitiendo la obtención de información precisa y relevante procedente de diversas fuentes secundarias, que incluyen no solo el INEC, sino también artículos de revistas indexadas en Scopus o WoS, libros e informes especializados en el campo de estudio. Se procesó la información siguiendo un esquema metodológico como se observa en la figura 1:

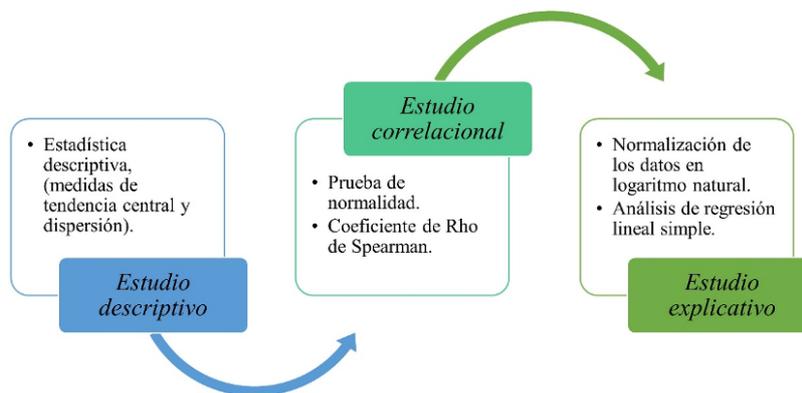


Figura 1. Procesamiento de la información
Fuente: Elaboración de los autores.

El presente artículo es cuantitativo cuenta con tres niveles de investigación: descriptivo, correlacional y explicativo. En la figura 1, se observa que, en primera instancia, se aplicó medidas de tendencia central, medidas de dispersión y representaciones gráficas de los datos para observar el comportamiento de las variables. En el análisis correlacional, se consideraron la variable total de aguas residuales en m³/año, aguas tratadas, no tratadas y el valor agregado bruto en dólares, seguido, se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogórov-Smirnov, tras procesar los datos, se concluyó que no siguen una distribución normal. Dado este resultado, para

determinar la correlación entre las variables se optó por utilizar el coeficiente de Rho de Spearman. Por último, se normalizó los datos mediante la aplicación del logaritmo natural con la finalidad que su comportamiento sea más legible, sin generar alteraciones a la información. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple, garantizando el cumplimiento los supuestos de: normalidad, homocedasticidad, independencia de errores, colinealidad y linealidad, donde la variable dependiente son las aguas residuales y la variable independiente el valor agregado bruto.

III. RESULTADOS

La industria manufacturera en el módulo de información ambiental (ENESEM) año 2020, toma en consideración 703 empresas, entre grandes, medianas tipo A y medianas tipo B: con ingresos brutos por ventas mayores o igual a \$5.000.001 y

que cuente con mínimo 200 empleados; la siguiente categoría, con ingresos en un rango de \$2.000.001 a \$5.000.001 y el personal de 100 a 199 personas y por último las empresas con ingresos de \$1.00.001 a 2.000.000 y un número de trabajadores entre 50 a 99 (INEC, 2020).

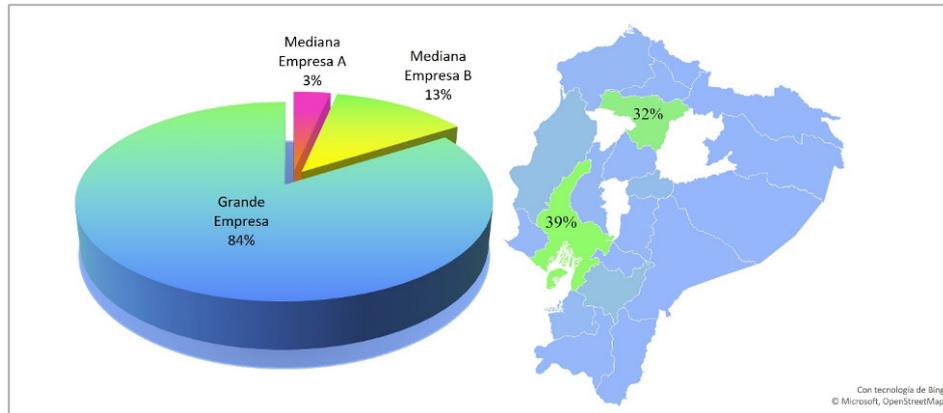


Figura 2. Distribución de la industria manufacturera
Fuente: Elaboración de los autores.

En la figura 2, se evidencia que la mayoría de las empresas manufactureras en el Ecuador, está representada por el 84% (590) y se catalogan como "Grandes Empresas", seguidas por un 13% (89) de "Medianas Empresas B" y, por último, un 3% (24) corresponde a las "Medianas Empresas A". Es importante destacar que, desde el punto de vista geográfico, las provincias de Guayas y Pichincha lideran con mayor cantidad con un porcentaje combinado del 71% del total de empresas dedicadas a la manufactura.

En el año 2020, Pichincha se posiciona como líder en términos de Valor Agregado Bruto (VAB) ver figura 3, alcanzando un total de \$3,692,290,162.00, seguida de cerca por Guayas con \$2,836,068,811.00. Esta tendencia se justifica por la concentración de empresas manufactureras en estas provincias, abarcando medianas A y grandes corporaciones. Por otro lado, la provincia de Orellana registra la menor contribución al VAB, con apenas \$4,069,656.00, lo cual podría atribuirse a la escasa presencia de empresas clasificadas como medianas B en esta área geográfica.

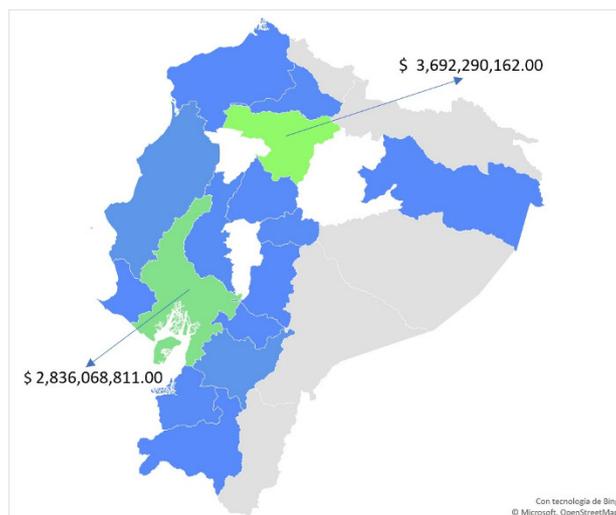


Figura 3. Concentración del VAB por provincia en el Ecuador
Fuente: Elaboración de los autores.

La Figura 4 revela que en promedio, las "Grandes empresas" aportan un total de \$13,227,620.15 al Valor Agregado Bruto (VAB), superando considerablemente a las "Medianas empresas B" con una media de \$1,005,982.97, y a las "Medianas empresas A" con una media de \$505,773.46.

Estos datos resaltan la importancia de las grandes empresas en la economía de Ecuador, al ser las principales generadoras de VAB y evidencian su notable influencia en el desarrollo económico del país.



Figura 4. Aportación promedio del valor agregado bruto según el tamaño de empresa
Fuente: Elaboración por los autores.

En una primera evaluación, se observa que el VAB total alcanza la cifra de \$7,905,966,934.00, representando el 100% del análisis inicial. Para profundizar en este análisis, se enfocó en las principales actividades económicas que contribuyen significativamente al VAB, este enfoque reveló un total de cuatro actividades destacadas. Las empresas clasificadas bajo el CIUU "1920" (Fabricación de productos de la refinación del petróleo) emergen como los principales contribuyentes, aportando un

25% del VAB total, equivalente a \$2,008,562,077.00 (Ver figura 5). Por otro lado, las actividades del CIUU "1020" (Elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos), CIUU "1080" (Elaboración de alimentos preparados para animales) y CIUU "1010" (Elaboración y conservación de carne) también desempeñaron un papel significativo, contribuyendo con un 10% (\$818,630,958.00), 5% (\$408,464,660.00) y 5% (\$375,313,375.00) respectivamente.



Figura 5. Cantidad de VAB por actividad principal
Fuente: Elaboración por los autores.

Aguas residuales

En el año 2020, según se muestra en la figura 6, se observa que del total de empresas en la industria manufacturera (703), que incluye tanto grandes como medianas empresas, el 66.3% (466 empresas) generaron aguas residuales como parte de su proceso

productivo. Por otro lado, el 33.7% (237 empresas) no lo hicieron. Además, es crucial destacar que de las 466 industrias que sí generaron aguas residuales, solo se dispone de información en la base de datos sobre el 68% de estas empresas.

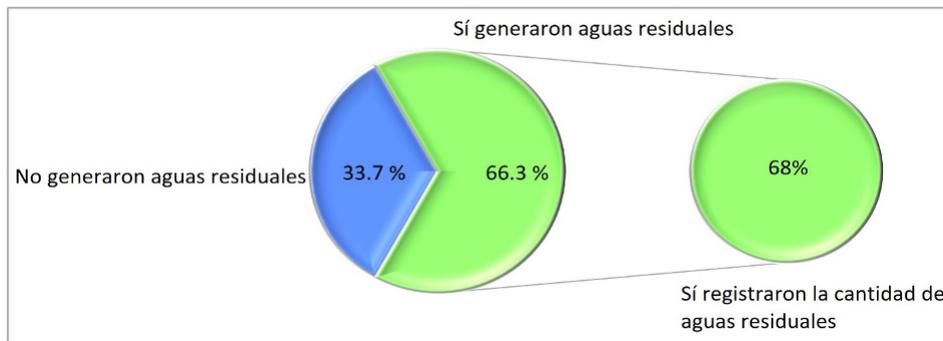


Figura 6. Empresas manufactureras que generaron y no generaron aguas residuales

Fuente: Elaboración por los autores.

Las provincias con mayor presencia de empresas generadoras de aguas residuales fueron: Pichincha con 356,585,758.20 m³/año del total de aguas residuales industriales, con un registro de 103 empresas, en segunda posición se situó Guayas, con un total de 44,343,351.16 m³/año y un total de 118 empresas (Ver figura 7). Se evidencia que, la cantidad

de aguas residuales generadas no guarda la misma proporción con la cantidad de empresas registradas, por ejemplo Guayas alberga la mayor cantidad de empresas, sin embargo genera menos cantidad de agua residual que Pichincha que tiene menos empresas que Guayas.

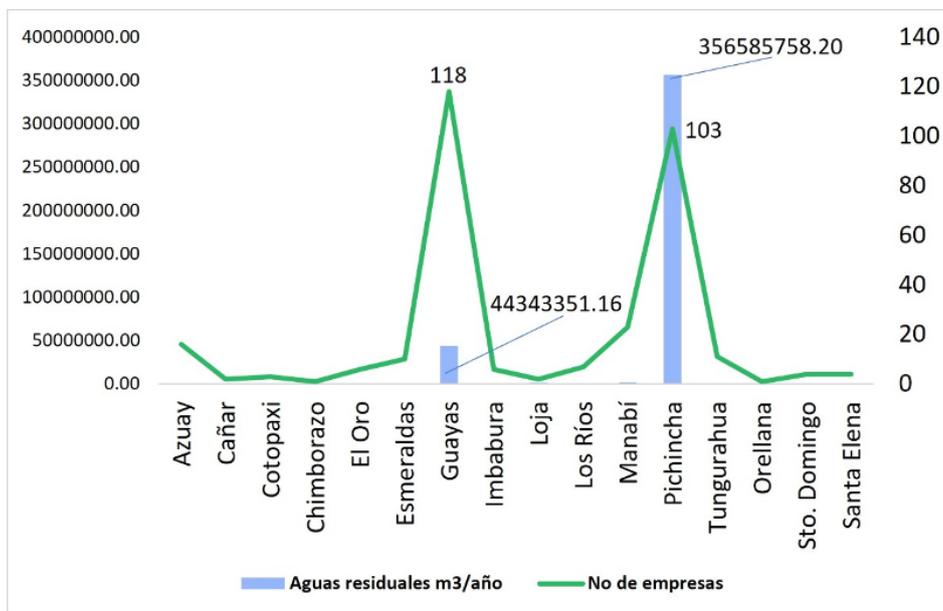


Figura 7. Total de aguas residuales y cantidad de empresas por provincia

Fuente: Elaboración por los autores.

En la figura 8, se destaca que las grandes empresas ocupan el puesto más alto en esta jerarquía, contabilizando un total de 284 compañías que generaron una cantidad significativa de 36,312,269.15 m³/año, la concentración de estas empresas se debe a la magnitud de sus operaciones y al volumen considerable de bienes y servicios que

transforman. Por otra parte, las medianas empresas tipo B ocupan una posición intermedia, con 29 negocios que en conjunto aportaron un total de 45,221,743.61 m³/año. En contraste, las medianas empresas tipo A son escasas, con solo 4 entidades registradas, contribuyendo con 13,670.4 m³/año.

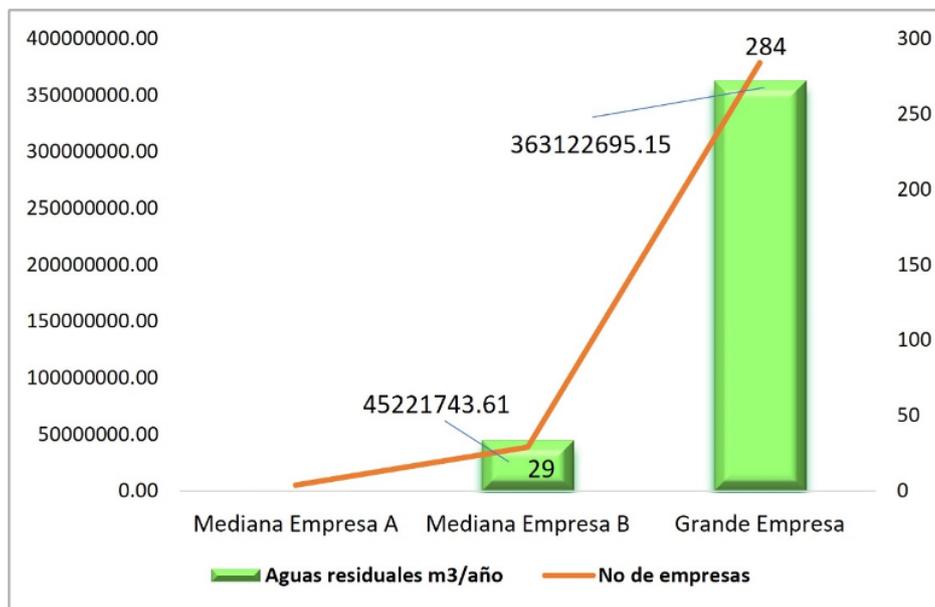


Figura 8. Total de aguas residuales y cantidad de industrias por tamaño de empresa

Fuente: Elaboración por los autores.

Las empresas clasificadas bajo el código CIIU "C1010" (elaboración y conservación de carne) fueron las mayores generadoras de aguas residuales, alcanzando un volumen de 309,246,239.76 metros cúbicos, lo que equivale al 75.73% del total generado por las Industrias de Manufactura en el año 2020

(408,358,109.16 metros cúbicos), en segundo lugar, se encuentran las empresas pertenecientes al CIIU "C1030" (elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas), con una generación total de 36,471,168.00 metros cúbicos, representando el 8.93% del total. (Ver figura 9).



Figura 9. Total, de aguas residuales generada por actividad principal

Fuente: Elaboración por los autores.

Es fundamental destacar que la cantidad total de aguas residuales tratadas generadas alcanza los 407,748,620.36 m³/año. En este contexto, la figura 10 revela la asignación de 322,951,260.5 m³/año de aguas residuales tratadas para reutilización interna dentro de las instalaciones de la empresa que corresponde al 79%, este dato resalta un enfoque proactivo hacia la gestión del agua, evidenciando la preferencia de las industrias por la reutilización del agua tratada como una estrategia para optimizar

recursos y mitigar el impacto ambiental, donde se destaca principalmente que las empresas clasificadas bajo el CIIU "1010" (Elaboración y conservación de carne) representan el 76% del total de agua tratada, lo que subraya su prominencia en esta práctica, les siguen las empresas clasificadas bajo el CIIU "1030" (Elaboración y conservación de frutas, legumbres y hortalizas) y el CIIU "1072" (Elaboración de azúcar), con un porcentaje del 11% y el 9% respectivamente.

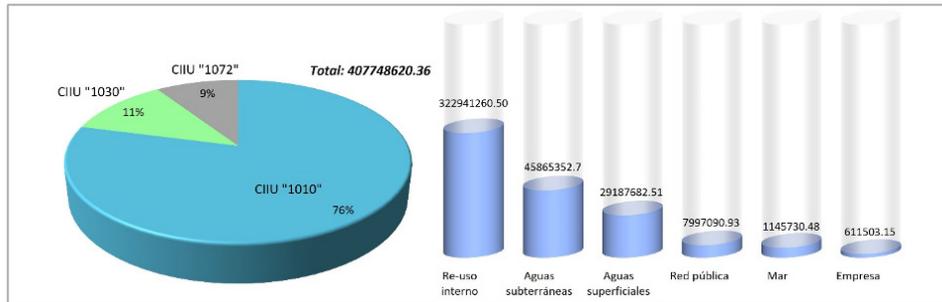


Figura 10. Aguas tratadas
Fuente: Elaboración por los autores.

Es importante resaltar que la cantidad total de aguas residuales no tratadas generadas alcanza los 609,488.793 m³/año. Este dato indica una preocupación palpable por parte de las empresas hacia el medio ambiente, dado que se observa una proporción mayor de agua tratada. No obstante, la figura 11 revela que una cantidad significativa de

aguas residuales no tratadas se vierte directamente en la red pública, totalizando 376,451.946 m³/año, especialmente provenientes de las empresas clasificadas bajo el CIU "1080" (Elaboración de alimentos preparados para animales), con un 38%, y el CIU "1020" (Elaboración y conservación de pescados, crustáceos y moluscos), con un 25%.

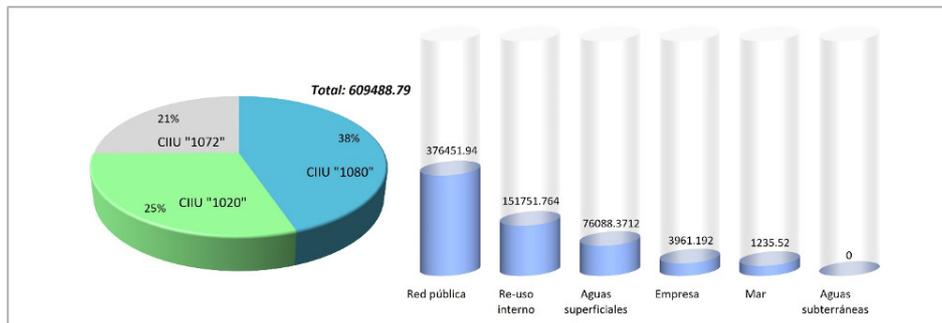


Figura 11. Aguas no tratadas
Fuente: Elaboración por los autores.

Además, se destaca que el CIU "1072" (Elaboración de azúcar) también figura entre las actividades con un alto nivel de tratamiento de las aguas generadas, sin embargo, se identificó que el 0.4% del total de sus aguas no son tratadas, a

pesar de este porcentaje, el 99.06% sí lo es, lo que evidencia un comportamiento responsable por parte de esta actividad en cuanto a la gestión de sus aguas residuales.

Tabla 1. Correlación de las variables

Relación	Rho de Spearman		
Aguas residuales generadas y Valor Agregado Bruto	Coefficiente de correlación	.324**	Correlación positiva media
	Sig. (bilateral)	0	
Aguas residuales tratadas y Valor Agregado Bruto	Coefficiente de correlación	.317**	Correlación positiva media
	Sig. (bilateral)	0	
Aguas residuales no tratadas y Valor Agregado Bruto	Coefficiente de correlación	.019**	Correlación positiva débil
	Sig. (bilateral)	0	

Fuente: Elaboración por los autores.

En la Tabla 1, se destaca un nivel de significancia (bilateral) con un valor de 0,00, inferior a 0,05, entre las variables de estudio. Este hallazgo conduce al rechazo de la hipótesis nula y respalda la aceptación de la hipótesis alternativa, indicando así la existencia de una relación entre las variables. Por otro lado, el coeficiente Rho de Spearman para las aguas residuales es de 0,324, dado que este coeficiente se sitúa en el rango de +0,11 a +0,50, se puede concluir que la generación de aguas residuales presenta una

relación positiva de magnitud media con el Valor Agregado Bruto. Este patrón se repite en las aguas residuales tratadas, las cuales también exhiben una correlación positiva de magnitud similar. Finalmente, al examinar las aguas no tratadas, se observa una correlación positiva, aunque débil, con el Valor Agregado Bruto. En consecuencia, se concluye que a medida que se incrementa la producción industrial, representada por el VAB, también se incrementa la generación de aguas residuales.

Tabla 2. Estimación de los modelos

Modelo	VARIABLES	Sig.	R	R cuadrado ajustado	Modelo matemático
1	Y1=Aguas residuales X1=VAB total	0,00	.288a	0,08	Aguas residuales=0,298+0,551(VAB)+0,05
2	Y1=Aguas residuales X1=VAB Grandes empresas	0,00	.282a	0,076	Aguas residuales=-0,285+0,588(VABGE)+0,05
3	Y1=Aguas residuales X1=VAB Guayas	0,00	.360a	0,122	Aguas residuales=-0,286+0,741(VABG)+0,05
4	Y1=Aguas residuales X1=VAB Pichincha	0,18	.234a	0,045	Aguas residuales=1,440+0,462(VABP)+0,05

Fuente: Elaboración por los autores.

En el modelo 1, se observa que el coeficiente del valor agregado bruto es de 0,55, lo que indica que cada incremento unitario en el valor agregado bruto se traduce en un aumento de 0,551 en la generación de aguas residuales. Además, al analizar la tabla, se confirma que el modelo posee significancia estadística, ya que el valor de significancia (bilateral) es menor a 0,05. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa: existe una relación significativa entre las aguas residuales y el Valor Agregado Bruto según el modelo de regresión simple. Por último, se destaca que el coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado) tiene un valor de 0,08, lo que indica que el 8% de la variabilidad en la generación de aguas residuales puede ser explicada por la variable del Valor Agregado Bruto.

El modelo 2, se enfoca en las empresas clasificadas como "Grandes empresas". Se determina que, por cada unidad monetaria de valor agregado bruto, se registra un incremento de 0,588 m³/año de aguas residuales. Por otro lado, el tercer modelo se centra en el análisis de la provincia de Guayas, donde se identifica un coeficiente de determinación ajustado (R² ajustado) más elevado en comparación con los

otros dos casos; en este modelo, también se observa que, por cada unidad monetaria de Valor Agregado Bruto, se produce un aumento de 0,741 m³/año en la generación de aguas residuales. Finalmente, en el cuarto modelo, se delimita el estudio a la provincia de Pichincha, donde se evidencia que, por cada unidad monetaria de valor agregado bruto, se incrementa en 0,462 m³/año la generación de aguas residuales.

IV. CONCLUSIONES

El sector manufacturero se destaca como uno de los pilares fundamentales de la economía ecuatoriana, siendo crucial para el PIB, el VAB y la generación de empleo para millones de personas, sin embargo, algunas de las prácticas llevadas a cabo por estas empresas han incrementado la producción de desechos, los cuales son descargados al medio ambiente, contribuyendo así a la degradación ambiental en agua, suelo y aire. Específicamente, la contaminación del agua ha sido notable debido a la liberación de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Por lo tanto, es imperativo que tanto las pequeñas, medianas como grandes empresas implementen prácticas de sostenibilidad ambiental,

así también capaciten a su personal en conservación ambiental y reutilización del agua. Estas acciones, incluyen inversiones en equipos y gastos en materiales y servicios, con el objetivo de reducir la contaminación causada por las aguas residuales y contribuir al logro de los objetivos de desarrollo sostenible.

En el año 2020, en Ecuador, un total de 317 empresas del sector manufacturero, que abarcan desde grandes empresas hasta medianas A y medianas B, fueron responsables de la generación de aguas residuales como parte inherente de sus operaciones. Entre estas, las grandes empresas son las que mayor valor generaron, especialmente en las provincias de Guayas y Pichincha, de igual forma lideraron en términos del VAB. Por otro lado, la industria de "Elaboración y conservación de carne" fue identificada como la principal generadora de aguas residuales; sin embargo, también se destacó por ser la que más tratamiento aplicó a dichos desechos.

Los resultados del análisis de correlación mostraron una asociación significativa media entre la producción manufacturera (representada por el VAB) y la generación de aguas residuales en Ecuador. Finalmente, el modelo de regresión simple reveló un coeficiente del VAB de 0.55, lo que significa que por cada dólar de aumento en el VAB, se refleja un incremento de 0.551m^3

en la generación de aguas residuales. Sin embargo, el bajo valor del coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) del 8% sugiere la posible influencia de otras variables no consideradas en el estudio, como el crecimiento demográfico, urbanización, actividades agropecuarias y desechos mineros, estos factores deben ser tenidos en cuenta en futuras investigaciones.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato, a la Dirección de Investigación y Desarrollo DIDE y a la Facultad de Contabilidad y Auditoría por apoyar el desarrollo del presente artículo como producto del proyecto de investigación denominado "ESTRATEGIAS DESOSTENIBILIDAD AMBIENTAL BAJO PRINCIPIOS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA DE MANUFACTURA DEL ECUADOR. UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN", con

código PFCAUD 18, aprobado mediante resolución Nro. UTA-CONIN-2023-0038-R.

V. REFERENCIAS

- Aldas, Barrera, Luzuriaga, & Abril. (2022). Crecimiento económico y la gestión ambiental en las industrias de manufactura del Ecuador. Estrategias hacia un modelo de economía circular. *Revista Gobierno y Gestión Pública*, *X*(1), 85–98. <https://revistagobier-noygestionpublica.usmp.edu.pe/index.php/RGGP/article/view/308/495>
- Aldás Salazar, D. S., Lascano Aimacaña, N. R., Carrión Gavilanez, Á. G., & Montachana Cunachi, E. G. (2024). Generación de emisiones de CO₂ de la industria manufacturera ecuatoriana, un camino hacia la sostenibilidad. *Revista multidisciplinaria de desarrollo agropecuario, tecnológico, empresarial y humanista.*, *6*(1). <https://dateh.es/index.php/main/article/view/312>
- Banco Central del Ecuador. (2020). *El 53,3% de la producción nacional se genera en Guayas y Pichincha.* <https://www.bce.fin.ec/boletines-de-prensa-archivo/el-533-de-la-produccion-nacional-se-genera-en-guayas-y-pichincha>
- Barilari, A., Massone, H. E., Lima, M. L., & Mantecón, C. L. (2020). Industries and environmental impact assessment: Analysis of the screening process in Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, *36*(1), 139–149. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53492>
- Benavides, R. (2023). *Boletín Técnico módulo de información económica ambiental en empresas, año 2021.* https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas_2021/BOL_TEC_MOD_AMB_EMP_ENESEM_2021_04.pdf
- Brito-Gaona, L., Sotomayor-Pereira, G., & Apolo-Vivanco, J. (2019). Análisis y perspectivas del valor agregado bruto en la economía ecuatoriana. *X-Pedientes Económicos*, *3*(5). <http://portal.amelica.org/ameli/>
- Capetillo-Piñar, N., Lopeztegui-Castillo, A., Betanzos-Vega, A., Tripp-Quezada, A., Zetina-Rejón, M. J.,

- & Hernández-Padilla, J. C. (2022). Congruence and response to environmental factors of different biodiversity metrics in the Gulf of Batabanó, Cuba. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 57(1), 1–11. <https://doi.org/10.22370/rbmo.2022.57.1.3322>
- CEPAL. (2020). *Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/96d52d67-9907-4af8-b115-b613046foffe/content>
- Chen, X., Yi, G., Liu, J., Liu, X., & Chen, Y. (2020). Evaluating economic growth, industrial structure, and water quality of the Xiangjiang River basin in China based on a spatial econometric approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10), 2–18. <https://doi.org/10.3390/IJERPH15102095>
- Chicatto, J. A., Rainert, K. T., Gonçalves, M. J., Helm, C. V., Altmajer-Vaz, D., & Tavares, L. B. B. (2018). Decolorization of textile industry wastewater in solid state fermentation with peach-palm (*Bactris gasipaes*) residue. *Brazilian Journal of Biology*, 78(4), 718–727. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.175074>
- García, D., & Ochoa Moreno, W. S. (2017). Relación entre crecimiento económico y medio ambiente en Ecuador a nivel provincial (Promedio 2010-2015). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 6(2), 99–112. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6335110>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2009). *Econometría* (5th ed.). McGraw-Hill/Irwin.
- Huang, C., & Wang, C. M. (2022). Water pollution, industrial agglomeration and economic growth: Evidence from China. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1071849. <https://doi.org/10.3389/FENV.2022.1071849/BIBTEX>
- Ike, G. N., Usman, O., & Sarkodie, S. A. (2020). Testing the role of oil production in the environmental Kuznets curve of oil producing countries: New insights from Method of Moments Quantile Regression. *Science of the Total Environment*, 711, 2–9. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.135208>
- INEC. (2020). *Manual de Encuestador y Crítica-Codificación de la Encuesta Estructural Empresarial ENESEM 2020*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/EMPRESAS/Empresas%1F_2020/2020_ENESEM_Manual_Entrevistador_Cr%C3%ADtica.pdf
- INEC. (2023). *Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), anual 2022*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2022/Anual/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico%20anual%20enero-diciembre%202022.pdf>
- Jum'a, L., Zimon, D., & Ikram, M. (2021). A relationship between supply chain practices, environmental sustainability and financial performance: evidence from manufacturing companies in Jordan. *Sustainability*, 13(4), 2–22. <https://doi.org/10.3390/su13042152>
- Lagiela, E. P., Premio, A. D. X., & Sampedro, J. L. (2017). The metabolism of the Chinese economy: Development from an ecological economics view. *Revista de Economía Mundial*, 47, 64–94. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85044954696&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=765fe4ccb13d48064e3ef21ca0801dd8&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%-28metabolismo+AND+industrial%29&sl=33&sessionSearchId=765fe4ccb13d48064e3ef21ca0801dd8>
- Lucero, K. (2020). *La manufactura, una tabla de salvación en medio de la crisis*. *Revista Gestión*. <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/la-manufactura-una-tabla-de-salvacion-en-medio-de-la-crisis/>
- Márquez Andrea. (2021). *Problemas ambientales en el Ecuador*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/problemas-ambientales-en-el-ecuator-3145.html>
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador*. <https://www.ambiente.gob.ec/>

- wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART11.pdf
- Muyibi, S. A., Ambali, A. R., & Eissa, G. S. (2019). Development-induced water pollution in Malaysia: policy implications from an econometric analysis. *Water Policy*, 10(2), 193–206. <https://doi.org/10.2166/WP.2008.039>
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. www.issuu.com/publicacionescepal/stacks
- Ochoa-Jiménez, D., Armas-Herrera, R., & Pereira, C. (2022). Manufacturas y crecimiento económico en Ecuador bajo una perspectiva regional. Un modelo de panel dinámico, 2007 -2020. *Revista Vista Económica*, 10(1), 31–44. <https://doi.org/10.54753/rve.v10i1.1290>
- Paz, J. (2020). Los desafíos ambientales de Ecuador en el 2020. *Mongabay*. <https://es.mongabay.com/2020/01/desafios-ambientales-ecuador-2020-mineria-petroleo-deforestacion/>
- Revista Gestión. (2022). *En Ecuador, la deuda de las empresas con el ambiente es enorme*. <https://revis-tagestion.ec/analisis-sociedad/en-ecuador-la-deuda-de-las-empresas-con-el-ambiente-es-enorme/>
- Taguchi, H., Fujino, T., Asada, H., & Ma, J. J. (2023). Water Pollution and Pollution–Control Capacity in Chinese Provinces: Panel Estimations of Provincial Environmental Kuznets Curves. *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 3979, 15(5), 3979. <https://doi.org/10.3390/SU15053979>
- Torres, & Polanco. (2018). Especialización y contaminación en la industria manufacturera del estado de Colima. *Región y Sociedad*, XX(41), 89–116.
- UNESCO. (2017). *Los objetivos de desarrollo sostenible - qué son y cómo alcanzarlos*. <https://www.youtube.com/watch?v=MCKH5xk8X-g&t=30s>
- UNESCO. (2021). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021: El valor del agua*. www.unwater.org.
- Usubiaga-Liaño, A., & Ekins, P. (2021). Monitoring the environmental sustainability of countries through the strong environmental sustainability index. *Ecological Indicators*, 132, 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108281>
- WWAP. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. UNESCO. <https://www.acnur.org/media/informe-mundial-de-las-naciones-unidas-sobre-el-desarrollo-de-los-recursos-hidricos-2019-no>