

Systematic literature review of the sources of contamination in printing processes in the printing industry

Lucy V. Mejía¹ and Cristofher Z. Vargas²

^{1,2} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u19201542@utp.edu.pe, crzuniga@utp.edu.pe

Abstract– The printing industry, as well as other industries, causes a negative impact on the environment due to the use of inputs that affect the environment, and in turn, its processes generate polluting waste. The objective of this literature review is to identify the processes and inputs that cause negative environmental impact and to raise awareness about the use of these polluting chemical inputs and to suggest the implementation of methods for the reduction of environmental deterioration, thus reducing the level of pollution in the printing industry. For the literature review, the PICO question was used as a methodology and the PRISMA statement was used to complement the literature selection. The results of the research showed the sources and types of pollution produced by printing presses. It was concluded that the printing industry causes a negative environmental impact on the atmosphere, soil and water pollution during the development of production processes.

Keywords-- printing industry, environmental impact assessment, printing processes.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Revisión sistemática de la literatura de las fuentes de contaminación en los procesos de impresión de la industria gráfica

Lucy V. Mejía¹ and Cristofher Z. Vargas²

^{1,2} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u19201542@utp.edu.pe, crzuniga@utp.edu.pe

Resumen– La industria gráfica, así como en otras industrias, ocasiona un impacto negativo en el medio ambiente debido a que se utilizan insumos que afectan al medio ambiente, y a su vez, sus procesos generan residuos contaminantes. El objetivo de este trabajo de revisión de la literatura es identificar los procesos e insumos que causan impacto ambiental negativo y concientizar sobre el uso de esos insumos químicos contaminantes y sugerir la implementación de métodos para la reducción del deterioro del medio ambiente, reduciendo así el nivel de contaminación de la industria gráfica. Para la revisión de la literatura, se empleó como metodología la pregunta PICO y para complementar la selección de la literatura se recurrió al diagrama PRISMA. Los resultados de la investigación mostraron las fuentes y los tipos de contaminación producidos por las imprentas. Concluyendo que la industria gráfica ocasiona un impacto ambiental negativo en la atmósfera, suelos y contaminación del agua durante el desarrollo de los procesos de producción.

Palabras clave-- Industria gráfica, medio ambiente, impacto ambiental, contaminación, procesos de impresión

I. INTRODUCCIÓN

Desde el desarrollo de la Revolución Industrial, el consumo de recursos naturales y el descubrimiento de métodos industrializados para obtener los productos que consumimos diariamente, han causado un impacto en el ambiente, por lo que, al pasar de las décadas, este consumo de recursos ha incrementado de tal manera que afecta negativamente al planeta. Como muestra de ello, durante el siglo XX los avances científicos demostraron que todas las actividades de las industrias habrían ocasionado los problemas ambientales, desde entonces el cuidado del medio ambiente ha tenido mayor relevancia para la sociedad, en consecuencia, las organizaciones en la actualidad buscan desarrollar prácticas sostenibles dentro de sus procesos para así evitar el deterioro del medio ambiente [1].

Tomando en cuenta lo descrito anteriormente, la industria gráfica se caracteriza por el uso del papel como materia prima para la impresión de libros, revistas, folletos y otros medios informativos impresos o de publicidad, además del uso de maquinaria, sustancias químicas y agua para las planchas de impresión. Por lo tanto, durante el desarrollo de las piezas gráficas impresas se generan residuos sólidos y líquidos, además de emisión de gases y uso de energía eléctrica que

pueden afectar negativamente al ambiente si no se mantiene una gestión adecuada de estos agentes contaminantes [2]. La mayoría de las imprentas no tienen un plan de mitigación para mermar la cantidad de residuos sólidos que emiten sus procesos, ni para crear una economía circular para contrarrestar el consumo de agua o materiales que utilizan para obtener las piezas gráficas impresas [3]. Sin embargo, ante los problemas ambientales que puede causar la producción de piezas gráficas impresas, se presentó un plan de mitigación de emisión de gases de efecto invernadero en un 50,3% para una empresa de la industria gráfica en Brasil, puesto que esta industria brinda sus servicios a todas las industrias, ya sea material publicitario o de embalaje [4].

Este trabajo de investigación se centrará en la identificación de las fuentes de contaminación de la industria gráfica impresa con el objetivo de dar a conocer los medios contaminantes de esta industria y las posibles soluciones para reducir su impacto negativo en el medio ambiente, creando una industria gráfica con mayor índice de sostenibilidad y concientizando a las empresas a utilizar nuevos métodos para el ahorro y cuidado de los recursos naturales, así como también proponer una mejora en sus procesos de impresión, debido a que durante el cumplimiento de las actividades de cada proceso de producción se generan residuos sólidos, residuos líquidos y emisiones de compuestos orgánicos volátiles que contaminan el medio ambiente, ya que no se presentó una revisión de literatura previa.

Con la finalidad de concientizar sobre el impacto que generan los residuos y el uso de insumos químicos mediante el desarrollo de sus procesos de producción de las empresas de la industria gráfica e inducir al uso de otros insumos, nuevas tecnologías o métodos de gestión de recursos en la industria gráfica que causen menor nivel de deterioro ambiental.

Por ello, esta revisión sistemática de la literatura iniciará con la sección II, metodología empleada para la selección de documentos para la revisión sistemática de la literatura, en párrafos posteriores, la sección III, donde se detallan los resultados a partir de la pregunta de investigación, seguido de la sección IV, discusión, en la cual se realiza una comparación e interpretación de los datos obtenidos de la sección de resultados. Finalmente, se presenta la sección V, conclusiones del tema tratado, las cuales servirán al lector para comprender los principales descubrimientos del estudio realizado.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

II. METODOLOGÍA

Esta investigación sistemática de la literatura fue realizada sin metaanálisis, la estrategia de búsqueda fue elaborada mediante la pregunta PIOC la cual se formuló mediante el problema, intervención, resultados y contexto para obtener: ¿Cuál es el nivel de contaminación de la evaluación de impacto ambiental de residuos contaminantes en las empresas gráficas?

La pregunta para el problema, que comprende los residuos contaminantes de la industria gráfica fue: ¿Qué tipos de residuos contaminantes se generan en la industria gráfica?

La pregunta para la intervención pretende responder: ¿Qué métodos se han empleado para la evaluación de impacto ambiental en la industria gráfica?

La pregunta para el resultado de la investigación se planteó de la siguiente manera: ¿Cuál es el nivel de contaminación de las empresas gráficas?

Por último, la pregunta para el contexto de la revisión sistemática de literatura (RSL) fue: ¿Cómo se define a las empresas gráficas?

Acto seguido, se realizó la búsqueda de artículos científicos en la base de datos de Scopus, se generó la ecuación de búsqueda mediante palabras clave indexadas para el problema del estudio que son los residuos contaminantes, la intervención cuyas palabras claves estuvieron relacionadas con la evaluación de impacto ambiental, para los resultados, nivel de contaminación y como contexto palabras referentes a la industria gráfica o de impresión, las cuales están detalladas en la tabla I.

Luego de ello, se plantearon los criterios de inclusión (CI) y criterios de exclusión (CE) con el fin de seleccionar los artículos para esta investigación. Se incluyeron artículos que en su contenido describieron: Impacto ambiental de la industria gráfica (CI1), Mitigación de impacto ambiental en la industria gráfica (CI2) y tipos de contaminación de la industria gráfica (CI3).

Los artículos que fueron excluidos contenían: Información del sector textil (CE1), información sobre la impresión 3D (CE2) y los artículos que no incluían impacto ambiental de la industria gráfica (CE3).

TABLA I
PALABRAS CLAVE DE LOS COMPONENTES PIOC

Componentes PIOC	Palabras claves en inglés
Problema (P): Residuos contaminantes	wastes, solid waste, effluent, effluent water, wastewater, manufacturing effluent, GHG emissions, greenhouse gas emissions, chemical waste, hazardous wastes

Intervención (I): Evaluación de impacto ambiental	physicochemical analysis, physico-chemical analysis, environmental impact assessment, EIA, assessment of the impact on the environment, assessment of the environmental effects.
Resultados (O): Nivel de contaminación	level of contamination, contamination level, pollution level, level of pollution
Contexto (C): Imprenta, industria gráfica	print industry, printing industry

La ecuación de búsqueda en Scopus fue la siguiente: (TITLE-ABS-KEY ("waste" OR "wastes" OR "effluent" OR "wastewater" OR "manufacturing effluent" OR "GHG emissions" OR "greenhouse gas emissions" OR "chemical waste" OR "hazardous wastes") AND TITLE-ABS-KEY ("physicochemical" OR "analysis" OR "physico-chemical" OR "environmental impact assessment" OR "EIA" OR "assessment of the impact on the environment" OR "assessment of the environmental effects" OR "environment" OR "environmental impact") AND TITLE-ABS-KEY ("level of contamination" OR "contamination level" OR "pollution level" OR "level of pollution" OR "level" OR "contamination" OR "pollution") AND TITLE-ABS-KEY ("print" OR "print industry" OR "printing industry" OR "graphic industry"))

Al inicio de la revisión de literatura se encontraron 17 artículos originales para plantear el tema de investigación en las plataformas digitales de Scopus, Dialnet y Scielo, luego de ello se utilizó la estrategia de búsqueda PIOC con la finalidad de encontrar mayor cantidad de artículos para desarrollar la investigación. Posteriormente, para la elección de los artículos que se incluirían en la investigación, se utilizó el diagrama de flujo PRISMA, el cual ha sido diseñado para esquematizar los artículos que se van a evaluar durante una revisión sistemática de estudios de intervenciones en el sector salud, sin embargo, también es aplicable a otros sectores [5].

El diagrama PRISMA, en primer lugar, contiene 17 artículos encontrados antes de determinar los componentes PIOC (problema, intervención, resultados y contexto de la investigación), en tres bases de documentos científicos ya mencionados, luego, al utilizar la estrategia de búsqueda PIOC, se identificaron 177 artículos, conformando un total de 194 artículos para la revisión, al buscar documentos en tres bases bibliográficas, se hallaron documentos duplicados, por lo cual se eliminaron 3, quedando 191 artículos. Después se procedió a excluir artículos por títulos y resúmenes, considerando como criterios de exclusión artículos que tengan relación con el sector textil debido a que, si bien el sector textil utiliza métodos de impresión, no está relacionado

directamente con la industria gráfica, tampoco se incluyeron artículos sobre la impresión 3D y los artículos que no detallaron el impacto ambiental de la industria gráfica o impresas. Por último, de los 43 artículos que se eligieron, 12 publicaciones no fueron recuperadas a texto completo, restando 31 publicaciones.

Por último, se aplicaron a estos 31 artículos los criterios de exclusión planteados anteriormente, después de realizar el diagrama PRISMA, presentado en la figura 1, se obtuvieron 25 artículos científicos que, en efecto, contienen los criterios de inclusión propuestos, es decir, contienen información sobre los tipos de contaminantes, el impacto ambiental y mitigación del impacto ambiental de la industria gráfica.

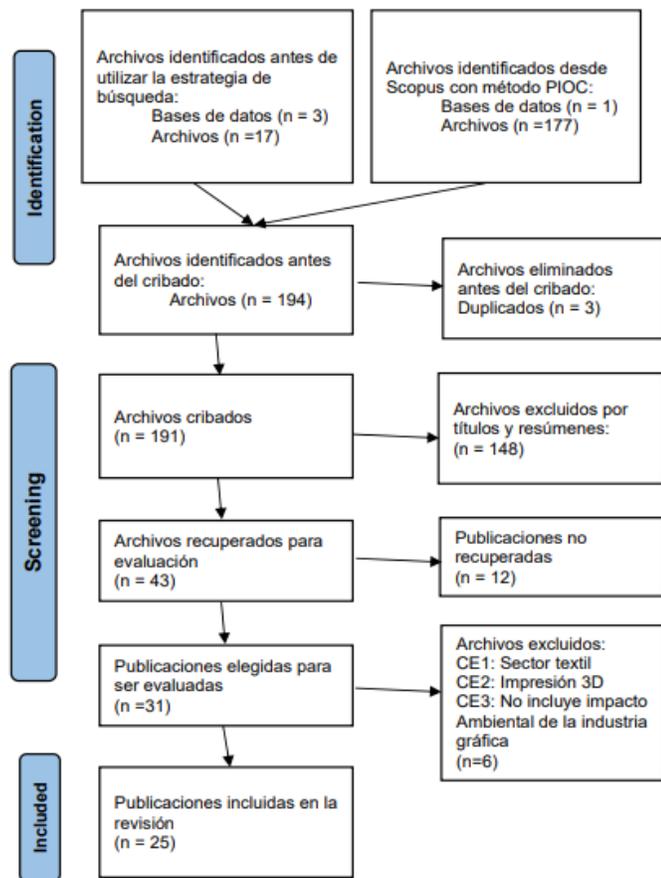


Fig. 1. Diagrama de flujo PRISMA

III. RESULTADOS

A. Fuentes de contaminación de la industria gráfica

Los artículos centrados en el estudio de los impactos ambientales de la industria gráfica concluyen que los tipos de contaminación en la industria gráfica son contaminación del aire, del agua y el agotamiento de recursos [2].

1) Fuentes de contaminación del aire:

La contaminación del aire se debe principalmente al uso de tintas, disolventes, pegamentos, tóner y limpiadores los cuales contienen compuestos orgánicos volátiles [6], [7], [8],

[9]. Entre los compuestos orgánicos volátiles identificaron dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidroclorodifluorometano [4], benceno, propanol [10], entre otros, durante los procesos de impresión offset en la industria gráfica debido a los sistemas de secado de tintas y durante la limpieza de maquinaria [6], [11]. También, se debe considerar un consumo alto de energía eléctrica para el cumplimiento de los procesos de producción de las imprentas [2], [12], [13], [14], [15], la cual puede generar un promedio de 1 002 467 kW/h en impresión offset [13], 4 037,5 kW/h en impresión flexográfica [12] y la impresión digital 307 889,7 kW/h [4].

2) Fuentes de contaminación del suelo:

Los restos de papel que se obtienen del corte, plegado y líneas de registro de las piezas gráficas [1], [2], [3], [16] también se consideran como fuentes de contaminación ya que estos residuos sólidos si no son tratados o reciclados pueden ser perjudiciales para el suelo. Asimismo, los restos de cartón, empaques de plástico y planchas de impresión, y otros residuos sólidos de la industria gráfica como residuos electrónicos [17] y residuos metálicos [18], representan un perjuicio para los suelos.

3) Agotamiento de recursos:

Por otro lado, al ser el papel una de las principales materias primas para los procesos de la industria gráfica, se produce un agotamiento de este recurso [2] ya que no solo se utiliza para la impresión de pedidos, sino también para las pruebas antes de presentar el arte final y documentos propios de las empresas.

Por otro lado, también se encontraron métodos para reutilizar las mermas del papel, provenientes de los cortes del arte final; por ejemplo, se puede hacer uso de este papel para realizar libretas o convertirlos en confeti, además de una adecuada gestión de residuos sólidos reciclables [1].

4) Fuentes de contaminación del agua:

La contaminación del agua se produce, generalmente, a través de aguas contaminadas con tintas, provenientes de la limpieza de las máquinas [12], [19], [20], [21], residuos de papel [22] y residuos de metales [23], los cuales modifican el pH y la temperatura [19].

B. Evaluación de Impacto Ambiental:

Algunos estudios realizaron un enfoque cualitativo mediante entrevistas [1], [3], [16], revisión de bibliografía y grupos focales, además de utilizar softwares para evaluar los impactos ambientales [15], [16]. Sin embargo, también se observó evaluaciones de impacto ambiental de tipo mixto y enfoque cuantitativo que utilizaron muestreo para identificar el nivel de contaminación de aire y agua [7], [10], [24], además de matriz de importancia de impacto ambiental (MIIA), matriz de materiales, energía y desechos (MED) y listas de chequeo para la evaluación [2], [6], [12], [13]. Los métodos utilizados para la evaluación de impacto ambiental en las imprentas

emplearon también las normas ISO 14001 y 14040 [7], [12], normas de salud y seguridad en el trabajo [10]. La distribución de los enfoques de los artículos se puede ver en la figura 2.

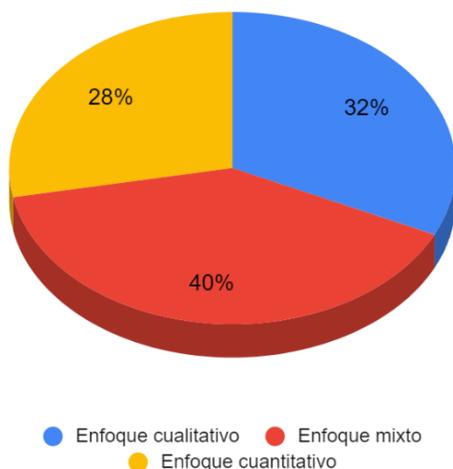


Fig. 2. Publicaciones según el tipo de enfoque.

C. Nivel de contaminación en las empresas gráficas:

El nivel de contaminación por residuos líquidos resulta altamente significativo, seguido de la contaminación por residuos sólidos y las emisiones atmosféricas dentro de las imprentas de impresión offset o litográfica [13], en la tabla II se especifican los resultados de la investigación.

TABLA II
NIVEL DE CONTAMINACIÓN SEGÚN LOS TIPOS DE RESIDUOS

Tipos de residuos	Tipo de contaminación	Nivel de contaminación	Referencias
Residuos de agua con tintas, agua con sólidos en suspensión y metales.	Contaminación por residuos líquidos	Altamente significativo	[13], [19], [20], [21], [22], [23], [25]
Residuos de papel, cartón, plásticos, envases.	Contaminación por residuos sólidos	Altamente significativo	[1], [2], [3], [12], [14], [16], [17], [18], [26]

Compuestos orgánicos volátiles de tintas, pegamentos, limpiadores, disolventes.	Contaminación por emisiones atmosféricas	Altamente significativo	[4], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [15], [24]
---	--	-------------------------	---

El proceso más contaminante durante la contaminación del agua fue el vertimiento de residuos de las tintas empleadas para la impresión; sin embargo, esto podría ser revertido con procesos como la ozonización [22] o la adición de carbón activado granular a las aguas residuales [25].

Por otro lado, también se registra un nivel de contaminación significativo del aire, el cual se debe a las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles de las tintas, limpiadores y otros productos químicos [2], además de los sistemas de secado tradicionales [8] y el uso de energía eléctrica que también produce emisiones a la atmósfera [2]. Por ello, son recomendables los sistemas de secado UV para reducir estas emisiones a la atmósfera [8] y las tintas a base de agua [9] ya que en conjunto pueden generar más de 42 compuestos orgánicos volátiles [7]

D. Contexto de las imprentas evaluadas:

Se identificó que hubo mayor cantidad de artículos relacionados con la contaminación causada por la industria gráfica en Brasil, seguido de Colombia, por lo que podemos deducir que ha habido un mayor interés de estudio en la evaluación de impacto ambiental de la industria gráfica en países de América, tal como se muestra en la figura 3.

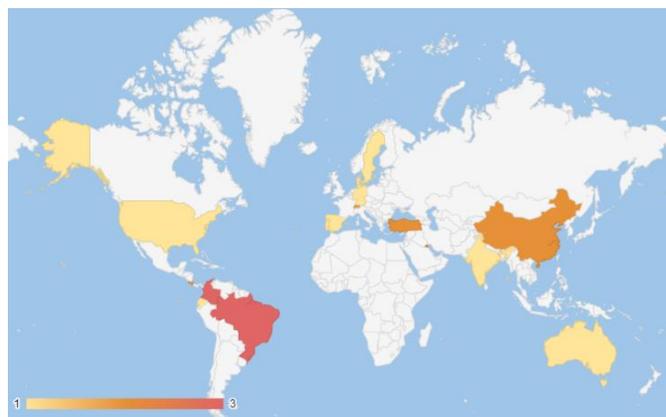


Fig. 3. Artículos distribuidos geográficamente.

Así mismo, entre los artículos seleccionados se encontraron mayor cantidad de investigaciones de imprentas que utilizan el método de impresión offset, también se incluyeron artículos sobre impresión digital y flexográfica. No

obstante, algunos artículos no especificaron el tipo de impresión que evaluaban y otros comprendían más de un tipo de impresión, datos que se registran en la figura 4.

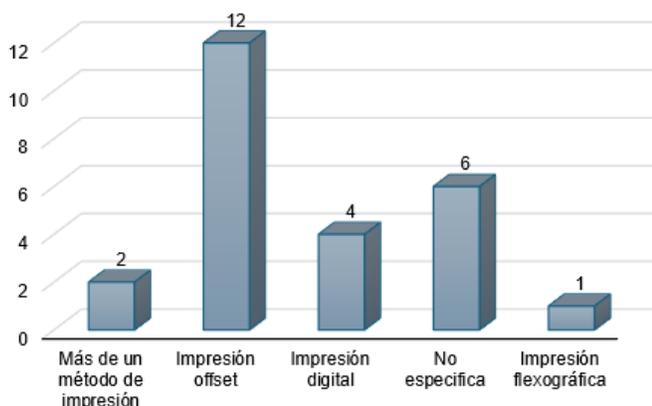


Fig. 4. Tipos de impresión evaluados

Por otro lado, se obtuvo como resultado de la lectura de artículos que algunas imprentas ya adoptaron prácticas sostenibles como parte de sus procesos y cultura organizacional [1], sin embargo, empresas pequeñas y medianas no están dispuestas a reducir el impacto negativo de sus procesos ya que para ello requieren inversión y no lo toman como un factor diferenciador para que el público prefiera sus servicios [16].

IV. DISCUSIÓN

Las fuentes de contaminación y nivel de contaminación pueden variar dependiendo del tipo de impresión y tamaño de la empresa, ya que las empresas que emplean tóner en vez de tintas para impresión crean microplásticos durante la impresión [26], por lo que estos microplásticos también son una fuente de contaminación. Por ello, Hayta et al. Sugieren el uso de tintas con recursos vegetales y renovables [11] o tintas y lacas curables por UV, según El-Rahman et al. Para disminuir la contaminación del aire que se produce durante la impresión y los sistemas de secado convencionales [8].

El uso de energía eléctrica por hora durante el proceso de impresión flexográfico es de aproximadamente 4 037,5 kW [12], mientras que en la impresión offset puede llegar a 1 002 467 kW/h [13] y en la impresión digital un promedio de 307 889,7 kW/h [4].

Por otro lado, en el contexto de las industrias que utilizan el método de impresión litográfico, García et al. Señala que los residuos líquidos generan el impacto ambiental más significativo [13]; mientras que, según Villalobos et al. Las contaminaciones que más afectan al medio ambiente producidas en la industria gráfica son las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, los cuales causan el deterioro de la atmósfera [2].

Según Reyes et al. Si las imprentas emplearan medidas para contrarrestar el impacto ambiental se verían afectadas económicamente, debido a que esto les supone una suma de dinero para realizar estos procesos y no consideran implementar las medidas como una ventaja, ya que estas prácticas pueden ser imitadas por otras empresas [16]; en contraste a esto, Freire et al. Menciona que los procesos para mitigar el impacto ambiental que han empleado en la empresa del estudio minimiza costos y una ventaja frente a la competencia, además de una mejor imagen ante la sociedad o sus consumidores ya que emplean la reutilización del papel para obtener ganancias[1], lo cual concuerda con Kozake et al. en que las prácticas favorables para el medio ambiente influyen en la decisión del consumidor [9]. Por lo que se tendría un retorno del costo de las medidas para reducir la contaminación de las imprentas.

V. CONCLUSIONES

Los tipos de contaminación que ocasionan los procesos de impresión de la industria gráfica son: Contaminación del aire, contaminación del suelo y contaminación del agua. Asimismo, se determinó que el nivel de contaminación del agua y aire son los impactos ambientales negativos más significativos.

Las principales fuentes de contaminación son los insumos, como tintas y productos químicos, como los limpiadores, que contienen compuestos orgánicos volátiles. Además, durante los procesos de secado e impresión se producen también estos compuestos orgánicos volátiles, por lo tanto, la industria gráfica a través de estas emisiones genera un impacto significativo de contaminación al aire.

Las principales fuentes de contaminación del suelo provienen de una mala gestión de residuos de papel, cartón y plásticos, por lo que estos terminan sin ser reciclados y contaminando suelos.

La contaminación del agua se produce principalmente por el vertimiento de los residuos de tinta, durante la limpieza de las maquinarias y por los residuos de papel u otros residuos sólidos que pueden contener metales y productos químicos que convierten al agua en un residuo peligroso.

El método de impresión que genera mayor impacto ambiental negativo es la impresión offset, ya que consume mayor cantidad de kilowatts por hora, además de una emisión mayor de compuestos orgánicos volátiles que otros tipos de impresión abordados por los artículos, así como la impresión digital.

Las empresas deberían reducir el impacto negativo que causan sus procesos en el ambiente, ya que aparte de verlo como un factor diferenciador, estarían contribuyendo a la sostenibilidad y a largo plazo pueden obtener ganancias.

Un factor limitante para el desarrollo de la investigación es que no todas las empresas se evaluaron bajo las mismas condiciones y que no todas realizan los mismos procesos, por lo que se trataron los resultados de forma general y en base a los datos más reiterativos y sobresalientes de los artículos originales.

Por último, se sugiere para futuras investigaciones realizar estudios de impacto ambiental con los métodos e insumos que resultan menos contaminantes para el agua, aire y suelo e implementando un adecuado sistema de gestión de residuos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Perú por el soporte en la infraestructura y desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] F. F. Freire Bastos, S. D. da Silva Filho, R. Morais Ribeiro, M. do S. Silva Mesquita, A. Aguiar Pimenta, and M. do Carmo Sobreira, "PRÁTICAS DE RESPONSABILIDADE AMBIENTAL: UMA ANÁLISE NA INDÚSTRIA GRÁFICA DE SOBRAL - CE," *Revista Inclusiones*, vol. 9, no. 2, pp. 277–291, 2022.
- [2] W. Villalobos-González, J. P. Sibaja-Brenes, J. C. Mora-Barrantes, and B. Álvarez-Garay, "Environmental impact assessment of a graphic company that uses offset lithographic printing," *Uniciencia*, vol. 35, no. 1, pp. 367–383, Jan. 2021, doi: 10.15359/RU.35-1.23.
- [3] J. Oleas-Orozco, R. Cabezas Ramos, and P. Escobar Chiriboga, "Residuos en los procesos de producción de la industria de artes gráficas en la impresión de gran formato. El caso de Riobamba, Ecuador," *Zincografía*, Apr. 2022, doi: 10.32870/zcr.v6i11.126.
- [4] R. da S. Caldeira, S. L. Q. de Souza, E. M. Martins, and S. M. Corrêa, "Opportunities for GHG Emission Reductions in the Brazilian Graphic Industry Through a Mitigation Plan," *Ambiente & Sociedade*, vol. 25, 2022, doi: 10.1590/1809-4422asoc20200210r2vu202213oa.
- [5] M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews," *The BMJ*, vol. 372. *BMJ Publishing Group*, Mar. 29, 2021, doi: 10.1136/bmj.n71.
- [6] W. Villalobos-González, J. P. Sibaja-Brenes, J. C. Mora-Barrantes, and B. Álvarez-Garay, "Evaluación de riesgos químicos por inhalación de las sustancias utilizadas en una industria gráfica," *Tecnología en Marcha*, vol. 34, no. 2, pp. 122–136, 2021.
- [7] A. Alabdulhadi, A. Ramadan, P. Devey, M. Boggess, and M. Guest, "Inhalation exposure to volatile organic compounds in the printing industry," *J Air Waste Manage Assoc*, vol. 69, no. 10, pp. 1142–1169, Oct. 2019, doi: 10.1080/10962247.2019.1629355.
- [8] A. A. El-Rahman, E. Saad, C. Aydemir, S. A. Özsoy, and S. Yenidogan, "Drying methods of the printing inks," *Journal of Graphic Engineering and Design*, vol. 12, no. 2, 2021, doi: 10.24867/JGED-2021-2-029.
- [9] K. Kozake et al., "Environmental impact assessment of flexible package printing with the 'lunajet®' aqueous inkjet ink using nanodispersion technology," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 17, Sep. 2021, doi: 10.3390/SU13179851.
- [10] E. P. Ramírez Oliveros, A. N. Rangel Pico, and Ó. J. Zambrano Valdivieso, "Bencene and alcohols from occupational exposure in graphic arts in Bucaramanga, Colombia," *TECHNO Review. International Technology, Science and Society Review / Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, vol. 13, no. 3, Feb. 2023, doi: 10.37467/revtechno.v13.4976.
- [11] P. Hayta, M. Oktav, and Ö. Ateş Duru, "An ecological approach to printing industry: Development of ecofriendly offset printing inks using vegetable oils and pine resin as renewable raw materials and evaluation of printability," *Color Res Appl*, vol. 47, no. 1, pp. 164–171, Feb. 2022, doi: 10.1002/COL.22708.
- [12] J. Gracia, P. Acevedo, and E. Trijillo, "A Comprehensive Environmental Analysis in a Company of the Graphic Arts Sector," *Chem Eng Trans*, vol. 91, pp. 109–114, 2022, doi: 10.3303/CET2291019.
- [13] J. Gracia, P. Acevedo, and E. Trujillo, "Application of Quality, Safety and Environmental Management Tools in Industrial Companies from the Lithographic Sector," *Chem Eng Trans*, vol. 91, pp. 61–66, 2022, doi: 10.3303/CET2291011.
- [14] D. L. Medeiros, F. L. Braghirolli, H. Ramlow, G. N. Ferri, and A. Kiperstok, "Environmental improvement in the printing industry: The case study of self-adhesive labels," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 26, no. 13, pp. 13195–13209, May 2019, doi: 10.1007/s11356-019-04460-3.
- [15] H. He et al., "Applied properties and life cycle assessment of flexible packaging lamination processes: a comparative study," *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 26, no. 3, pp. 561–574, Mar. 2021, doi: 10.1007/s11367-021-01883-4.
- [16] J. F. Reyes-Rodríguez and J. P. Ulhoi, "Justifying environmental sustainability in small- and medium-sized enterprises: An analysis of complementary assets in the printing industry," *Bus Strategy Environ*, vol. 31, no. 1, pp. 59–75, Jan. 2022, doi: 10.1002/bse.2874.
- [17] R. Brooke et al., "Paper Electronics Utilizing Screen Printing and Vapor Phase Polymerization," *Adv Sustain Syst*, vol. 7, no. 7, Jul. 2023, doi: 10.1002/ADSU.202300058.
- [18] T. Roik, O. Gavrysh, A. Rashedi, T. Khanam, A. Raza, and B. Jeong, "New Antifriiction Composites for Printing Machines Based on Tool Steel Grinding Waste," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 5, Mar. 2022, doi: 10.3390/SU14052799.
- [19] F. Zhang, Y. Li, Z. Liang, T. Wu, and Y. Huang, "Experimental investigation on the oxidation of printing ink wastewater under hydrothermal flames," *J Environ Chem Eng*, vol. 9, no. 6, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.JECE.2021.106745.
- [20] R. Chandra and G. Anantharaman, "Treating waste by waste: Remediation of methylene blue using core-shell MI@ZIF-11 nanocomposites from waste toner powder," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 168, pp. 189–204, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.psep.2022.09.076.
- [21] K. P. Papadopoulos et al., "Treatment of printing ink wastewater using electrocoagulation," *J Environ Manage*, vol. 237, pp. 442–448, May 2019, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2019.02.080.
- [22] P. Amiri and J. Behin, "Assessment of wastes recycling for deinking purposes in ozone assisted green process," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 17, pp. 21859–21871, Jun. 2020, doi: 10.1007/s11356-020-08457-1.
- [23] M. E. Ahmed, A. Al-Haddad, and S. Al-Dufaileej, "Characterization and Profiling of Industrial Wastewater Toxicity in Kuwait," *International Journal of Environmental Science and Development*, vol. 13, no. 2, pp. 35–41, Apr. 2022, doi: 10.18178/IJESD.2022.13.2.1369.
- [24] L. Al-Awadi, M. Al-Rashidi, B. Pereira, A. Pillai, and A. Khan, "Indoor air quality in printing press in Kuwait," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 16, no. 6, pp. 2643–2656, Jun. 2019, doi: 10.1007/S13762-018-1800-1.
- [25] P. Ferrero, M. Izquierdo, F. J. Álvarez-Hornos, J. M. Penya-Roja, and V. Martínez-Soria, "Influence of activated carbon on performance and microbial communities in the treatment of solvent pollutant mixtures in a continuous stirred tank reactor," *Environ Sci (Camb)*, vol. 6, no. 5, pp. 1445–1455, May 2020, doi: 10.1039/D0EW00096E.
- [26] C. Fang et al., "Capture and characterisation of microplastics printed on paper via laser printer's toners," *Chemosphere*, vol. 281, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2021.130864.