

## Análisis de estrategias sostenibles para reducir el impacto ambiental de la producción textil en Cuenca-Ecuador

*Analysis of sustainable strategies to reduce the environmental impact of textile production in Cuenca-Ecuador*

Pablo Andrés Andrade-Bermeo, Guido Olivier Erazo-Alvarez, Daniel Andrade Pesantez

### Resumen

La industria textil en Ecuador enfrenta desafíos ambientales significativos debido al alto consumo de agua, la generación de residuos y el acceso limitado a tecnologías sostenibles. Aunque existen estrategias globales para mitigar estos impactos, barreras económicas y tecnológicas dificultan su adopción. Este estudio analiza el impacto ambiental del sector textil en Cuenca y propone estrategias sostenibles adaptadas a su contexto. Mediante un enfoque mixto, se aplicaron encuestas a empresas textiles y talleres artesanales, complementadas con entrevistas a expertos. Se evaluaron indicadores ambientales como consumo de agua, emisiones de CO<sub>2</sub> y gestión de residuos. Los resultados muestran que 33,3% de las empresas han adoptado estrategias de economía circular, mientras que 58,3% consideran que la digitalización puede mejorar la sostenibilidad. No obstante, 29% percibe inviable la inversión en tecnologías sostenibles a corto plazo. Las principales barreras identificadas incluyen falta de financiamiento y capacitación, pero existen oportunidades de mejora para fortalecer la sostenibilidad a través de incentivos y formación técnica. En conclusión, la integración de estrategias como lean manufacturing, productos biodegradables y digitalización de procesos puede reducir el impacto ambiental y mejorar la competitividad del sector textil en Cuenca.

Palabras clave: Sostenibilidad; Innovación tecnológica; Industria textil; Economía circular; Producción más limpia.

---

### Pablo Andrés Andrade-Bermeo

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | [pablo.andrade.89@est.ucacue.edu.ec](mailto:pablo.andrade.89@est.ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0005-2845-0980>

### Guido Olivier Erazo-Alvarez

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | [oerazo@ucacue.edu.ec](mailto:oerazo@ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-2494-0967>

### Daniel Andrade Pesantez

Universidad Católica de Cuenca | Cuenca | Ecuador | [dandradep@ucacue.edu.ec](mailto:dandradep@ucacue.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-0586-4038>

## Abstract

The textile industry in Ecuador faces significant environmental challenges due to high water consumption, waste generation, and limited access to sustainable technologies. While global strategies exist to mitigate these impacts, economic and technological barriers hinder their adoption. This study examines the environmental impact of Cuenca's textile sector and proposes sustainable strategies adapted to its context. Using a mixed-methods approach, surveys were conducted with textile companies and artisanal workshops, complemented by expert interviews. Environmental indicators such as water consumption, CO<sub>2</sub> emissions, and waste management were assessed. Results indicate that 33.3% of companies have implemented circular economy strategies, while 58.3% consider digitalization a key factor for sustainability. However, 29% find investment in sustainable technologies unfeasible in the short term. Key barriers include lack of financing and training, yet opportunities exist to enhance sustainability through incentives and technical education. In conclusion, integrating lean manufacturing, biodegradable products, and process digitalization can reduce environmental impact and strengthen the competitiveness of Cuenca's textile sector.

Keywords: Sustainability; Technological innovation; Textile industry; Circular economy; Cleaner production.

## Introducción

Hoy en día, la industria textil es una de las más contaminantes a nivel mundial. Según el Banco Mundial (2019), este sector es “responsable del 10% de las emisiones globales de carbono y del consumo de aproximadamente 93 mil millones de metros cúbicos de agua al año”. A pesar de su importancia económica, enfrenta grandes desafíos ambientales debido a sus procesos intensivos en recursos y altos niveles de contaminación. Para mitigar estos impactos, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU promueven modelos de producción textil más sostenibles, destacando en particular el ODS 12 sobre producción y consumo responsables. Sin embargo, la adopción de estas prácticas varía significativamente entre regiones debido a factores como el acceso a tecnología, regulaciones locales y capacidad de innovación empresarial.

En Ecuador, el sector textil ha crecido de manera sostenida desde la segunda mitad del siglo XX, impulsado por la introducción del algodón y materiales sintéticos como el nylon y los acrílicos. No obstante, este desarrollo ha generado un alto costo ambiental debido a procesos productivos contaminantes y la escasa adopción de tecnologías sostenibles. Según el INEC (2021), “actualmente el sector textil emplea a aproximadamente 158 mil personas y aporta un 7% al PIB manufacturero del país”. Este crecimiento ha aumentado la presión sobre los recursos naturales, especialmente por el uso intensivo de agua y la generación de residuos industriales, evidenciando la necesidad de generar estrategias de sostenibilidad e innovación tecnológica.

Por otro lado, la sostenibilidad en la industria textil ha evolucionado desde el cumplimiento de regulaciones ambientales hacia enfoques más integrales como la economía circular y la Producción Más Limpia (P+L). Actualmente, la sostenibilidad no solo es una responsabilidad ambiental, sino también un factor clave para la competitividad empresarial. Según Crespo et al. (2023), “las

empresas que adoptan prácticas sostenibles pueden diferenciarse en el mercado, captar a consumidores conscientes y cumplir con estándares internacionales, lo que les permite acceder a nuevos mercados y mejorar su reputación". Además, "estrategias como la economía circular y la P+L permiten reducir costos operativos mediante la optimización de recursos y la minimización de residuos, lo que se traduce en una mayor eficiencia y rentabilidad" (Khan et al., 2022).

A nivel internacional, movimientos como la moda circular y el diseño sostenible, impulsados por organizaciones como la Ellen MacArthur Foundation, han llevado a empresas a adoptar prácticas como el uso de materiales reciclados, tecnología limpia y certificaciones ambientales como GOTS (Global Organic Textile Standard). Henninger et al. (2021), afirman que "la economía circular en la industria textil no solo reduce los residuos y el consumo de recursos, sino que también promueve la innovación en el diseño y la producción de prendas sostenibles". Sin embargo, "su aplicación efectiva requiere un enfoque integral que involucre a la industria, los gobiernos, los compradores y los consumidores finales" (Saha et al., 2021).

En adición, las prácticas sostenibles en la industria textil pueden agruparse en tres áreas principales: reducción del consumo de recursos, minimización de desechos y adopción de tecnologías limpias. "Estrategias como la economía circular, el diseño sostenible y la optimización de procesos han demostrado ser efectivas para reducir estos impactos" (Sandin & Peters, 2018). Asimismo, innovaciones como la ósmosis y la logística inversas ofrecen soluciones para disminuir el impacto ambiental, mientras que tecnologías como el "uso de plasma y colorantes naturales ayudan a reducir el impacto ambiental" (Haji & Naebe, 2020). Del mismo modo, el movimiento Slow Fashion fomenta la reutilización y la reducción del desperdicio textil (Osorio, 2018). Además, los avances tecnológicos recientes han posicionado a la inteligencia artificial (IA) como una herramienta clave para la optimización de procesos sostenibles, permitiendo la predicción del consumo de recursos y la reducción de residuos mediante modelos avanzados de aprendizaje automático. Investigaciones recientes destacan que la "IA está transformando la industria textil al mejorar la eficiencia energética, optimizar la gestión de materiales y facilitar la transición hacia modelos de producción más sostenibles" (Kumar et al., 2024).

No obstante, a pesar de estos avances en sostenibilidad, la industria textil en América Latina aún enfrenta múltiples desafíos, donde la adopción de tecnologías limpias ha sido limitada por la falta de incentivos normativos, el desconocimiento y el acceso restringido a financiamiento. En Ecuador, "uno de los principales obstáculos es la falta de estrategias efectivas para garantizar el desarrollo sostenible de estos proyectos" (Delgado-Orellana et al., 2024). Además, "la industria textil ecuatoriana enfrenta retos como la gestión ineficiente de residuos, el alto consumo de agua y energía, y la infraestructura limitada para procesos sostenibles" (Cevallos & Cárdenas, 2024).

Con el objetivo de comprender esta problemática en el contexto local, se han considerado dos grupos clave en el sector textil de Cuenca: Mucho Mejor Ecuador y la Junta de Defensa del Arte-

sano del Azuay. El primer grupo otorga un sello de calidad a empresas ecuatorianas que cumplen con altos estándares en nueve ejes de calidad, desempeñando un rol fundamental en el crecimiento empresarial y fortaleciendo la confianza del consumidor en la producción nacional. Por otro lado, la Junta de Defensa del Artesano del Azuay representa a talleres artesanales con procesos de producción tradicionales, que también juegan un papel clave en la economía local. Esta diferenciación permitió analizar la adopción de estrategias sostenibles desde dos perspectivas distintas. En este sentido, estudios previos, como el de Sousa et al. (2021), subrayan la importancia de la responsabilidad social empresarial en el sector textil, destacando que “las empresas industriales, a pesar de sus avances en sostenibilidad, deben continuar integrando prácticas que beneficien al entorno y a las comunidades locales”. Sin embargo, ambos grupos enfrentan barreras económicas y tecnológicas que limitan la implementación de modelos más sostenibles.

Por ende, esta investigación busca responder: ¿Cuáles son las estrategias de sostenibilidad e innovación más efectivas para el sector textil de Cuenca, Ecuador? Para ello, analiza estrategias globales y propone soluciones adaptadas al contexto local. En el ámbito de la sostenibilidad, se plantean enfoques como lean manufacturing, que ayuda a optimizar recursos, y el uso de productos biodegradables, los cuales, según Mehta (2023), “surgen como una solución sostenible para minimizar los residuos textiles y reducir la contaminación ambiental”. Desde la innovación tecnológica, se proponen tecnologías de bajo impacto ambiental y la digitalización mediante inteligencia artificial para mejorar la eficiencia operativa. Estas estrategias, además de reducir el impacto ambiental del sector, pueden fortalecer la competitividad de las empresas y talleres en mercados con mayores exigencias de sostenibilidad.

Para evaluar su aplicabilidad y efectividad en el contexto local, esta investigación emplea un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos, permitiendo analizar desde el impacto ambiental del sector textil hasta las percepciones empresariales sobre sostenibilidad. De esta manera, el estudio no solo aporta al conocimiento académico, sino que también puede servir como referencia para futuras iniciativas de desarrollo sostenible en la industria textil de Cuenca.

## Metodología

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que busca generar soluciones prácticas para mitigar el impacto ambiental de la industria textil en Cuenca, Ecuador. Para ello se adoptó un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos, para obtener una evaluación integral del problema. Este enfoque permitió integrar el análisis cuantitativo de indicadores ambientales (consumo de agua, emisiones de CO<sub>2</sub>, manejo de residuos) con un análisis cualitativo de percepciones, prácticas actuales y oportunidades de innovación tecnológica sostenible. Según

Creswell y Plano Clark (2018), “el enfoque mixto es especialmente útil en investigaciones que buscan comprender fenómenos complejos desde múltiples perspectivas, combinando la precisión de los datos cuantitativos con la profundidad del análisis cualitativo”. Este enfoque metodológico facilitó la identificación de barreras y oportunidades dentro del sector textil cuencano, permitiendo la formulación de estrategias adaptadas a su contexto.

La población objetivo del estudio fue estimada en 170 empresas textiles. Por limitaciones en el acceso a la información, la formaron 30 empresas del sector textil en Cuenca, divididas en dos grupos: Mucho Mejor Ecuador (MME), compuesto por empresas certificadas con un enfoque en sostenibilidad y competitividad empresarial, y la Junta de Defensa del Artesano (JNDA), representada por la Sociedad de Maestros Sastres, Modistas y Conexos del Azuay “Joaquín Ortega”, que agrupa talleres artesanales del sector textil.

El grupo Mucho Mejor Ecuador (MME) es relevante por su influencia en el comportamiento de compra de los consumidores. Según Acosta (2023), en una entrevista con su vocera, “la certificación de Mucho Mejor Ecuador genera confianza en el 88% de los consumidores y el 87% de los ecuatorianos, siente que apoya el desarrollo del país al comprar productos con esta certificación”. Su impacto en el mercado y su rol en la certificación de empresas textiles lo convierten en un grupo clave para este análisis. Por su parte, la Junta del Artesano representa al sector textil tradicional y su impacto en la economía local. Según Wodzik (2023), “el sector artesanal en Ecuador no solo preserva la cultura, sino que genera empleo, ingresos en divisas y fomenta nuevas inversiones, siendo un pilar clave de la sostenibilidad económica y social”.

Esta selección permite contrastar ambos sectores y analizar sus diferencias en la adopción de prácticas sostenibles e innovaciones tecnológicas, proporcionando un panorama más amplio sobre los desafíos ambientales que enfrentan estos actores y las estrategias más viables para su transición hacia modelos de producción más sostenibles.

Por otro lado, para cumplir con los objetivos del estudio, se utilizaron tres métodos principales:

1. **Método descriptivo:** Permitió identificar y caracterizar los principales factores de impacto ambiental en la industria textil de Cuenca.
2. **Método comparativo:** Se analizaron estrategias sostenibles implementadas en otros países (como Brasil y Colombia) para evaluar su aplicabilidad al contexto local.
3. **Método propositivo:** Basado en los hallazgos previos, permitió la formulación de estrategias sostenibles adaptadas a la industria textil de Cuenca.

Para la recolección de datos, se empleó una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas para obtener una visión integral del fenómeno estudiado. Para el análisis cuantitativo, Para

el análisis cuantitativo, se diseñó una encuesta estructurada validada por expertos en sostenibilidad, innovación y gestión ambiental, la cual fue aplicada a los dos grupos de estudio a través de Google Forms. Estas encuestas escalas tipo Likert para medir la percepción sobre sostenibilidad e innovación tecnológica. Además, se recopilaron datos sobre indicadores ambientales clave, como el manejo de residuos, el consumo del agua, y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por otro lado, para complementar la información cuantitativa y obtener una visión más profunda del contexto empresarial textil, se realizaron entrevistas cualitativas a tres miembros activos del sector textil y un experto en procesos y gestión ambiental. Las entrevistas consistieron en seis preguntas revisadas para conocer los principales impactos ambientales del sector, percepción de prácticas sostenibles, desafíos para implementar tecnologías innovadoras y oportunidades de mejora en el sector. Este análisis cualitativo permitió contextualizar los hallazgos cuantitativos y proporcionar información más detallada sobre las dinámicas de sostenibilidad e innovación en la industria textil cuencana.

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, se aplicaron herramientas estadísticas y cualitativas.

En el caso del análisis cuantitativo, Los datos fueron organizados y limpiados en Microsoft Excel antes de su importación a SPSS, donde se asignaron etiquetas, valores y niveles de medición (nominal, ordinal o escala). Posteriormente, se aplicó cuatro categorías de análisis:

El instrumento de investigación utilizado fue una encuesta validada por expertos en sostenibilidad, innovación y producción textil, quienes evaluaron la claridad, relevancia y adecuación de las preguntas. Sus observaciones fueron incorporadas para mejorar la precisión del instrumento. Para el análisis de datos, se utilizaron gráficos generados en Google Forms para describir frecuencias, medias y porcentajes. Posteriormente, se aplicaron pruebas estadísticas para comparar los dos grupos de estudio: la prueba de chi-cuadrado y U Mann-Whitney permitieron evaluar diferencias significativas en variables como la reducción del impacto ambiental, la percepción de sostenibilidad y la adopción de prácticas innovadoras. Finalmente, se realizaron correlaciones de Spearman para analizar la relación entre el uso de la digitalización y la reducción del impacto ambiental, así como el vínculo entre la innovación tecnológica y la sostenibilidad.

Para el análisis cualitativo, se utilizó IRAMUTEQ, un software de análisis textométrico que permitió identificar patrones en las entrevistas realizadas. Para ello primero se creó el corpus de texto, creando un archivo de texto en formato de texto (.txt), estructurando cada entrevista con la configuración adecuada en IRAMUTEQ (inicio con cuatro asteriscos: \*\*\*\*Entrevista\_001). Posteriormente, se cargó el corpus al software y se configuró el idioma español para garantizar un análisis preciso y posteriormente se hicieron los siguientes análisis:

- **Nube de palabras:** Identificación de términos más frecuentes (filtrando palabras irrelevantes).
- **Clasificación jerárquica descendente (CHD):** Segmentación del corpus en clases temáticas.
- **Ánálisis de similitud:** Identificación de relaciones entre términos clave.

Estos métodos permitieron estructurar el discurso de los participantes y revelar:

- Principales preocupaciones e impactos ambientales en el sector textil.
- Estrategias utilizadas o conocidas para reducir la contaminación textil.
- Barreras y oportunidades percibidas en la implementación de estrategias sostenibles en Cuenca.

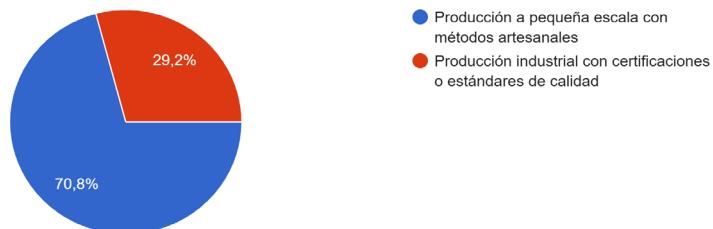
Finalmente, los resultados fueron contrastados con la literatura existente para evaluar su coherencia con estudios previos sobre sostenibilidad en la industria textil. Asimismo, se contextualizaron los hallazgos en relación con la estructura empresarial local, permitiendo la formulación de estrategias sostenibles adaptadas al contexto cuencano.

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados divididos en 3 secciones donde se contrastan tanto el análisis cualitativo como cuantitativo, lo que servirá para dar respuesta a los objetivos de la investigación.

### Sección 1: Diagnóstico del Problema Ambiental y Tecnológico de la Industria Local

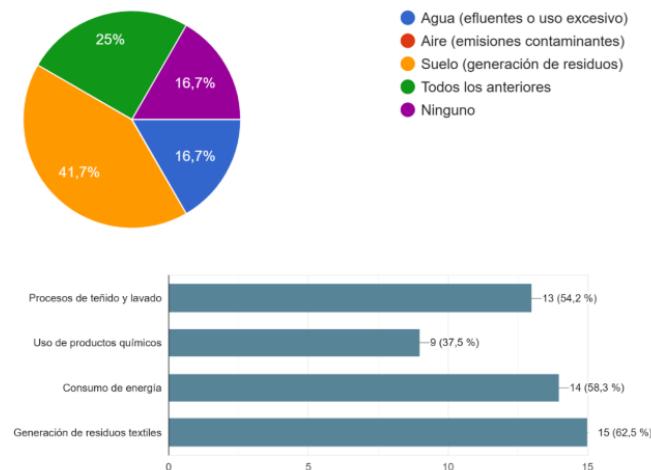
Figura 1. Diagrama de pastel de los dos grupos de estudio.



Fuente: elaboración propia

La mayor parte de las respuestas pertenecen al sector artesanal.

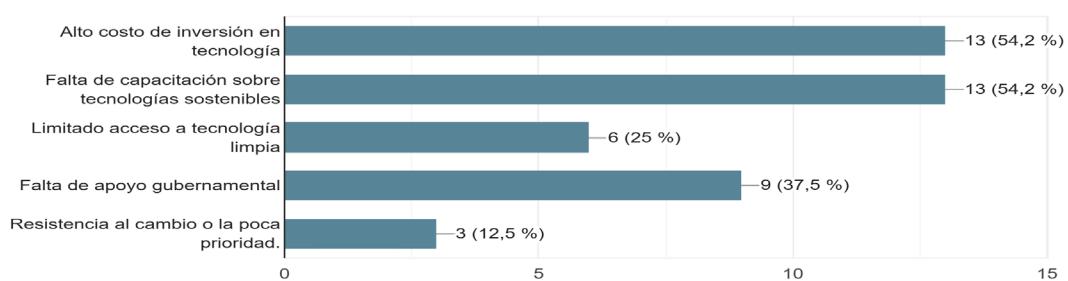
Figura 2. Principales impactos ambientales en la industria textil y sus fuentes de origen.



Fuente: elaboración propia

Los principales impactos ambientales encontrados son la generación de residuos sólidos y consumo excesivo de agua y efluentes. Además, los procesos más contaminantes son la generación de residuos textiles y procesos de teñido y lavado de telas.

Figura 3. Principales obstáculos tecnológicos que enfrenta la industria textil para implementar estrategias sostenibles.



Fuente: elaboración propia

Los encuestados mencionaron el alto costo de inversión, el desconocimiento y el alto costo de inversión como las barreras principales para adoptar prácticas sostenibles.

Figura 4. Nube de palabras.



Fuente: elaboración propia

Se resaltan términos como 'economía', 'residuos', 'agua' e 'impacto'.

## Sección 2: Comparación entre los dos grupos de estudio en torno a la reducción del impacto ambiental y análisis de aplicabilidad de estrategias para la industria local.

Figura 5. Prueba de Chi-cuadrado entre los grupos de interés con la adopción de estrategias sostenibles.

Pruebas de chi-cuadrado						
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)	Probabilidad en el punto
Chi-cuadrado de Pearson	12,706 <sup>a</sup>	14	,550	,822		
Razón de verosimilitudes	15,791	14	,326	,822		
Estadístico exacto de Fisher	12,205			,824		
Asociación lineal por lineal	1,142 <sup>b</sup>	1	,285	,302	,156	,019
N de casos válidos	24					

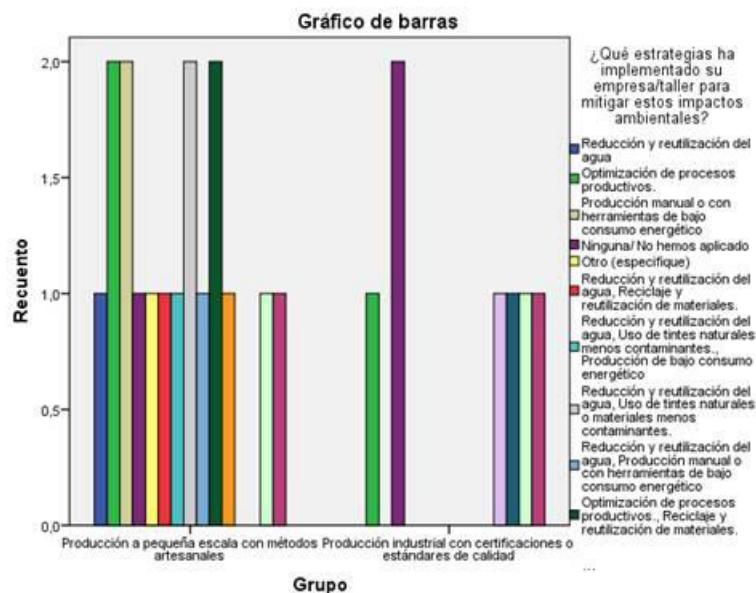
a. 30 casillas (100.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .29.

b. El estadístico tipificado es 1.068.

Fuente: elaboración propia

El valor de significancia ( $p > 0.05$ ) muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas en la adopción de prácticas sostenibles entre artesanos y empresas industriales.

Figura 6. Comparación de estrategias sostenibles implementadas por artesanos y empresas industriales.



Fuente: elaboración propia

Las estrategias más utilizadas son la optimización de procesos, reducción y reutilización de agua, y producción manual con herramientas de bajo consumo.

Figura 7. Prueba de U Mann- Whitney entre la adopción de prácticas sostenibles e innovadoras y la reducción del impacto ambiental.

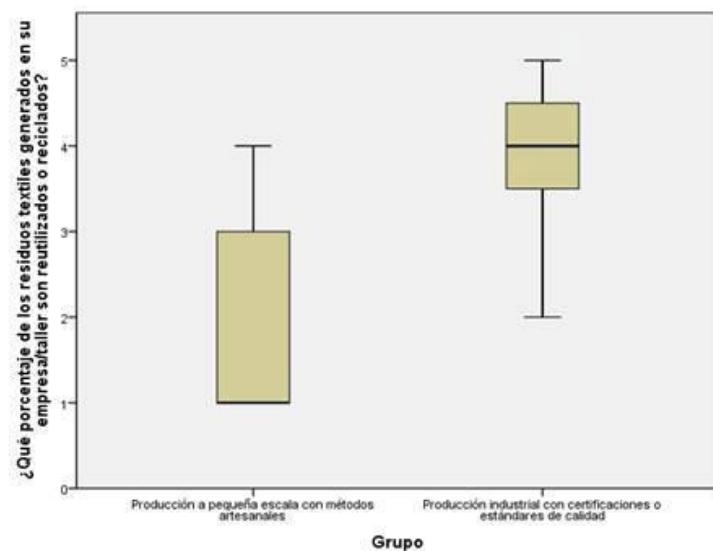
Estadísticos de contraste <sup>a</sup>						
¿En qué medida la combinación de innovación tecnológica y prácticas sostenibles ha mejorado la rentabilidad de su empresatalle r en los últimos dos años?	¿La adopción de estrategias sostenibles ha generado mayor aceptación entre clientes proveedores en el mercado de productos textiles?	¿En los próximos cinco años, considera que la inversión en tecnologías limpias (como el reciclaje de materiales o la optimización de recursos) y en sostenibilidad (equilibrio entre el crecimiento económico, social y ambiental) será viable para su empresa?	¿Qué porcentaje de los residuos textiles generados en su empresatalle r son reutilizados o reciclados?	¿En qué porcentaje ha reducido el consumo de agua en su empresatalle r en los últimos dos años?	¿En qué medida la empresatalle r ha reducido sus emisiones de CO <sub>2</sub> en los últimos dos años gracias a la adopción de tecnologías limpias o procesos más eficientes?	
U de Mann-Whitney	38.000	51.000	33.500	15.000	40.500	56.500
W de Wilcoxon	191.000	204.000	186.500	168.000	193.500	209.500
Z	-1,435	-,553	-1,760	-2,937	-1,245	-,199
Sig. asintót (bilateral)	,151	,580	,078	,003	,213	,842
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	,187 <sup>b</sup>	,619 <sup>b</sup>	,099 <sup>b</sup>	,003 <sup>b</sup>	,234 <sup>b</sup>	,852 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Grupo  
 b. No corregidos para los empates.

Fuente: elaboración propia

Se observa que el p-valor para el manejo de residuos textiles (0,003) es menor a 0,05, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre el sector artesanal y el industrial en cuanto a la gestión de residuos textiles.

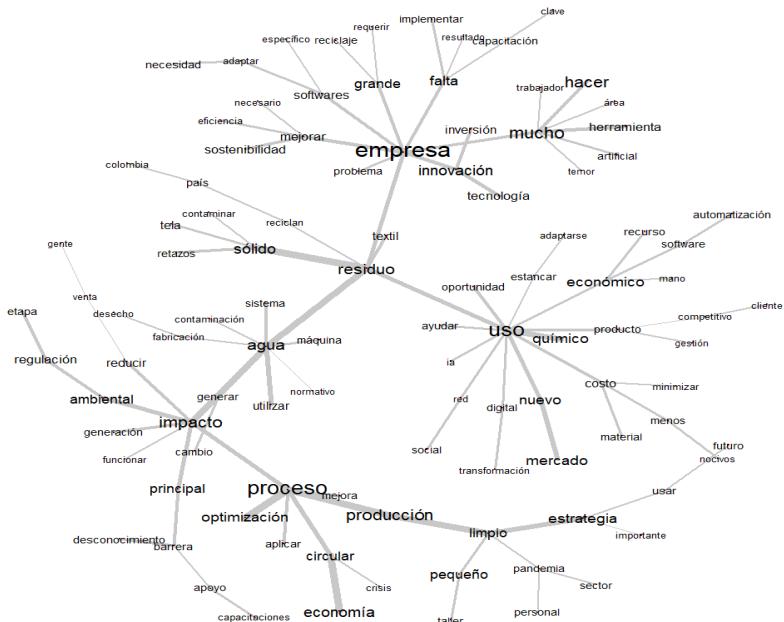
Figura 8. Distribución del manejo de residuos en artesanos y empresas industriales.



Fuente: elaboración propia

En la Figura 8 se observa una diferencia notable en la mediana de ambos grupos. El sector industrial presenta una menor dispersión en comparación con el sector artesanal, lo que indica una gestión más homogénea en la aplicación de estrategias de manejo de residuos.

Figura 9. Análisis de Similitud Léxica.



Fuente: elaboración propia

La Figura 9 muestra el análisis de similitud léxica de las entrevistas. Se identificaron 5 nodos principales: 'empresa', 'residuo', 'impacto', 'proceso' y 'uso'. Desde 'empresa' se desprenden términos

como ‘innovación’, ‘sostenibilidad’, ‘falta’ y ‘mucho’. El nodo ‘residuo’ se vincula con ‘textil’, ‘sólido’ y ‘agua’, mientras que ‘impacto’ se asocia con ‘ambiental’, ‘reducir’ y ‘proceso’. A su vez, ‘proceso’ conecta con ‘optimizar’, ‘economía circular’ y ‘mejora producción’, y ‘uso’ con ‘químico’, ‘económico’, ‘digital’ y ‘costo’. Estos resultados reflejan la percepción del sector textil sobre la sostenibilidad y la innovación tecnológica.

### Sección 3: Relación entre la innovación tecnológica y la inversión en sostenibilidad.

Figura 10. Relación entre digitalización y reducción del impacto ambiental mediante Spearman.

Correlaciones						
		¿En qué medida la digitalización (uso de la IA, softwares para la automatización de procesos) ha contribuido a la sostenibilidad de su empresa/taller?	¿Qué porcentaje de los residuos textiles generados en su empresa/taller son reutilizados o reciclados?	¿En qué porcentaje ha reducido el consumo de agua en su empresa/taller en los últimos dos años?		
Rho de Spearman	¿En qué medida la digitalización (uso de la IA, softwares para la automatización de procesos) ha contribuido a la sostenibilidad de su empresa/taller?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000 - 24	-,395 .056 24	,185 .387 24	
	¿Qué porcentaje de los residuos textiles generados en su empresa/taller son reutilizados o reciclados?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	-,395 .056 24	1,000 .379 24	,188 .379 24	
	¿En qué porcentaje ha reducido el consumo de agua en su empresa/taller en los últimos dos años?	Coeficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,185 .387 24	,188 .379 24	1,000 .379 24	

Fuente: elaboración propia

La Figura 10 muestra la correlación entre la digitalización y dos variables ambientales: reducción del consumo de agua y reciclaje de residuos. En ambos casos, el p-valor obtenido es mayor a 0,05, lo que indica que no se encontró una relación estadísticamente significativa entre el nivel de digitalización y la reducción del impacto ambiental en estos aspectos.

Figura 11. Prueba de Chi-cuadrado entre la percepción de viabilidad con la adopción de tecnologías limpias.

Pruebas de chi-cuadrado						
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)	Sig. exacta (bilateral)	Sig. exacta (unilateral)	Probabilidad en el punto
Chi-cuadrado de Pearson	26,835 <sup>a</sup>	12	,008	,005		
Razón de verosimilitudes	29,686	12	,003	,001		
Estadístico exacto de Fisher	21,614			,002		
Asociación lineal por lineal	,406 <sup>b</sup>	1	,524	,551	,299	,057
N de casos válidos	24					

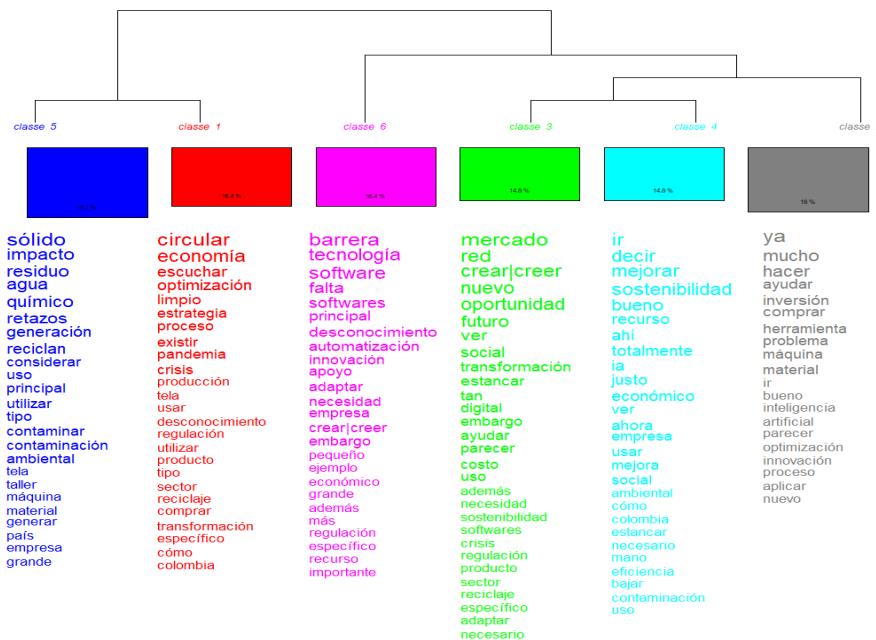
a. 20 casillas (100,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,08.

b. El estadístico tipificado es ,637.

Fuente: elaboración propia

La figura 11 muestra el resultado del estadístico de Fischer entre la percepción de viabilidad financiera y la adopción de tecnologías limpias. Se encontró una asociación estadísticamente significativa entre ambas variables ( $p = 0.002$ ), lo que indica que la percepción de viabilidad financiera está relacionada con la adopción de tecnologías limpias en las empresas analizadas.

Figura 12. Endograma para la clasificación temática (CHD).



Fuente: elaboración propia

La Figura 12 muestra el dendrograma resultante del análisis de clasificación jerárquica descendente, identificando seis clases temáticas en el discurso de los entrevistados. Las clases 1 y 5 agrupan términos relacionados con la economía circular, la optimización de procesos y el impacto ambiental de los residuos sólidos. Las clases 3 y 4 incluyen términos asociados al mercado, oportunidades de transformación y la percepción de la sostenibilidad como un factor de mejora. La clase 2, vinculada a las anteriores, destaca términos como inversión, compra y problemas. Por último, la clase 6, conectada a la clase 2, enfatiza barreras tecnológicas, falta de conocimiento y la ausencia de herramientas digitales en la industria textil.

#### *Propuesta de estrategias sostenibles:*

En base a los hallazgos obtenidos, se recomienda la implementación de estrategias sostenibles adaptadas al contexto local. Entre ellas, destacan la optimización del uso de recursos mediante modelos como la economía circular y el lean manufacturing, los cuales permiten reducir el desperdicio de materiales y mejorar la eficiencia energética en la producción textil. Asimismo,

la digitalización de procesos, la automatización y el uso de inteligencia artificial emergen como herramientas clave para optimizar el consumo de recursos; sin embargo, su adopción aún enfrenta barreras sociales, económicas y tecnológicas. Además, el empleo de tintes naturales y la sustitución de materiales contaminantes por alternativas biodegradables representan soluciones viables para mitigar la contaminación ambiental.

## Discusión

Los resultados de esta investigación identifican los principales factores que contribuyen al impacto ambiental en la industria textil de Cuenca. Se determinó que el 16,7% de las empresas y talleres presentan un alto consumo de agua, mientras que el 41,7% generan residuos textiles en cantidades significativas. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por Plakantonaki et al. (2023), quienes destacan que “la industria textil es una de las más contaminantes debido a su uso intensivo de recursos hídricos y la generación de residuos”. Además, resaltan la necesidad de implementar estándares de sostenibilidad y ecoetiquetado para mitigar estos impactos, lo que subraya la importancia de adoptar estrategias similares en el contexto local.

En cuanto a la aplicación de prácticas sostenibles en otras regiones y su viabilidad en Cuenca, los resultados muestran que el 33,3% de las empresas han adoptado estrategias como la reutilización y el reciclaje de materiales. Este hallazgo coincide con el estudio de Ramírez-Escamilla et al. (2024), que “evidencia como estas prácticas pueden reducir significativamente la generación de residuos y mejorar la sostenibilidad del sector textil”. Sin embargo, en el ámbito local, el 54,2% de los encuestados, especialmente del sector artesanal, identificaron barreras como el alto costo de inversión y la falta de capacitación en sostenibilidad, lo que limita la adopción de estrategias más avanzadas. “Estos factores, ampliamente discutidos en la literatura, son obstáculos clave en la transición hacia modelos productivos sostenibles” (Žarković et al., 2024).

Desde un enfoque comparativo, se identificaron diferencias significativas entre los dos grupos de estudio en la adopción de prácticas sostenibles e innovación tecnológica. Mientras que las empresas industriales han incorporado estrategias como certificaciones ambientales, reciclaje de residuos y optimización de procesos, los talleres artesanales han optado por prácticas más informales, como la reutilización de materiales y métodos de producción de bajo consumo energético. En cuanto a las barreras, las empresas industriales enfrentan mayores costos de inversión y cumplimiento normativo, mientras que los talleres artesanales carecen de conocimiento, financiamiento y acceso a tecnología. Estos hallazgos son consistentes con los resultados de Chourasiya y Pandey (2024), quienes identificaron que la:

adopción de tecnología en la industria textil presenta una brecha significativa entre la innovación y su implementación efectiva, especialmente en países en desarrollo, donde los factores económicos y regulatorios juegan un papel determinante en la transición hacia modelos más sostenibles.

Respecto a la innovación tecnológica, el 37,5% de las empresas han implementado tecnologías limpias para optimizar el consumo de recursos. Además, el 58,3% reportó que la digitalización, el uso de IA y software especializado han contribuido a la reducción del impacto ambiental de sus procesos. Este hallazgo concuerda con la investigación de Zengin y Yontar (2024), quienes destacan que “la eficiencia energética, la gestión de residuos y la certificación ambiental son factores clave para mejorar la sostenibilidad en el sector textil”. No obstante, persiste incertidumbre sobre si estas estrategias generan mayor aceptación entre los consumidores y ventajas competitivas en el mercado. Aproximadamente el 29% de los encuestados desconocen o consideran que la inversión en tecnologías sostenibles no es viable a corto plazo. Además, estrategias como la economía circular o el lean manufacturing tienen un nivel de conocimiento inferior al 20%, lo que refleja una brecha en la información sobre sostenibilidad a mediano y largo plazo.

Por otro lado, los expertos entrevistados en gestión ambiental y producción textil local coincidieron en que, tras la pandemia, el sector ha enfrentado desafíos adicionales, como el contrabando, la venta de ropa de segunda mano y la situación económica del país. Estos factores han impactado el crecimiento empresarial y deben considerarse al diseñar estrategias de sostenibilidad adaptadas a la realidad local.

A pesar de los avances en sostenibilidad e innovación, el estudio presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, la muestra utilizada no representa en su totalidad la situación actual del sector textil local, lo que podría afectar la generalización de los resultados. Además, debido a factores de disponibilidad, no se logró completar la totalidad de encuestas y entrevistas previstas, alcanzando un 80% de cumplimiento, con mayor participación del sector artesanal, lo que podría sesgar la información e influir en la profundidad del análisis. Estas limitaciones resaltan la importancia de ampliar la muestra e incorporar metodologías adicionales para obtener una visión más precisa y representativa del sector textil en Cuenca.

En síntesis, los resultados confirmán que la sostenibilidad y la innovación tecnológica son esenciales para reducir el impacto ambiental del sector textil en Cuenca. No obstante, las barreras económicas, sociales y tecnológicas identificadas evidencian la necesidad de fortalecer la cooperación entre el sector privado y las instituciones gubernamentales para fomentar la adopción de prácticas sostenibles. Por ende, para garantizar la efectividad las estrategias propuestas en los resultados, es fundamental fortalecer la cooperación entre el sector público y privado, estableciendo incentivos financieros y programas de capacitación técnica que faciliten la transición hacia un modelo productivo más sostenible y competitivo.

## Conclusión

En conclusión, los hallazgos de este estudio confirman que la industria textil de Cuenca enfrenta desafíos ambientales significativos, especialmente en el consumo de agua, la generación de residuos textiles y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Aunque algunas empresas han implementado estrategias de mitigación, solo el 16% ha adoptado medidas formales de sostenibilidad, lo que evidencia una aplicación limitada y la necesidad de fortalecer su implementación.

Se determinó que modelos como la Producción Más Limpia (P+L) y la economía circular han sido efectivos a nivel internacional. Sin embargo, su adopción local sigue siendo baja debido a la falta de financiamiento, el desconocimiento sobre sostenibilidad y la ausencia de incentivos regulatorios. En comparación, las empresas industriales han avanzado en certificaciones ambientales y optimización de procesos, mientras que los talleres artesanales emplean estrategias más informales como la reutilización de materiales. No obstante, ambos grupos enfrentan barreras: las empresas industriales por los altos costos de inversión y regulaciones, y los talleres artesanales por la falta de acceso a tecnología y financiamiento.

Para avanzar hacia un modelo textil más sostenible en Cuenca, es clave implementar estrategias orientadas a la optimización de recursos y la reducción del impacto ambiental. Modelos como el lean manufacturing y la economía circular pueden mejorar la eficiencia en el uso de materiales y energía, mientras que el empleo de productos biodegradables y tintes naturales contribuiría a reducir la contaminación ambiental derivada de los procesos productivos.

Desde el ámbito tecnológico, herramientas como la digitalización y la inteligencia artificial pueden optimizar procesos, prever el consumo de recursos y reducir desperdicios. Sin embargo, su adopción aún enfrenta barreras económicas y tecnológicas, lo que resalta la necesidad de fortalecer el acceso a financiamiento y capacitación en sostenibilidad.

Para garantizar la efectividad de estas estrategias, es fundamental fomentar la cooperación entre el sector público y privado, estableciendo incentivos que faciliten la adopción de prácticas sostenibles y mejoren la competitividad del sector textil en mercados nacionales e internacionales.

Finalmente, este estudio presenta algunas limitaciones. La muestra utilizada no representa la totalidad de la industria textil de la región, lo que podría afectar la generalización de los resultados. Además, el análisis se basa en datos actuales sin considerar tendencias a largo plazo ni políticas futuras. Se recomienda que futuras investigaciones amplíen el alcance a nivel nacional e incorporen un análisis longitudinal para evaluar la evolución del sector y la efectividad de las estrategias sostenibles a lo largo del tiempo.

## Referencias

- Acosta, E. (2023, septiembre 21). El 87% de ecuatorianos compra un producto con la huella 'Mucho Mejor Ecuador' porque siente que apoya al desarrollo del país. Metro Ecuador. <https://n9.cl/jspgq>
- Cevallos, L., & Cárdenas, J. (2024). *IX Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad: Memoria académica*. Abya-Yala/UPS. <https://doi.org/10.17163/abyaups.49>
- Chourasiya, R., & Pandey, S. (2024). Breathing new life: Exploring the cutting edge of technology adoption in the textile industry. *Research Journal of Textile and Apparel*. <https://doi.org/10.1108/rjta-03-2024-0043>
- Crespo Astudillo, L. M., Solis Muñoz, J. B., & Cevallos Jiménez, P. F. (2023). Determinación de factores diferenciadores e innovadores de productividad: Club Deportivo Especializado Formativo FEDERIO Riobamba, Ecuador. *Pacha. Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global*, 4(11). <https://doi.org/10.46652/pacha.v4i11.179>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Diseño y realización de investigaciones con métodos mixtos*. SAGE.
- Delgado-Orellana, F. F., Esquivel, W. D., & Ortega-Castro, J. C. (2024). Estrategias para el desarrollo sostenible de proyectos de glamping para una finca agroturística en el austro Ecuatoriano. *MQRInvestigar*, 8(2), 2879–2892. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.2.2024.2879-2892>
- Haji, A., & Naebe, M. (2020). Cleaner dyeing of textiles using plasma treatment and natural dyes: A review. *Journal of Cleaner Production*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121866>
- Henninger, C. E., Brydges, T., Iran, S., & Vladimirova, K. (2021). Collaborative fashion consumption – A synthesis and future research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 319. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128648>
- Khan, S. A. R., Umar, M., Asadov, A., Tanveer, M., & Yu, Z. (2022). Technological revolution and circular economy practices: A mechanism of green economy. *Sustainability*, 14(8), 4524. <https://doi.org/10.3390/su14084524>
- Kumar, S., Muthuvelammal, S., & Jayachandran, N. (2024). AI in textiles: A review of emerging trends and applications. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 12. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.64404>
- Mundial, B. (2024, 19 de noviembre). ¿Cuánto le cuestan nuestros armarios al medio ambiente? World Bank. <https://n9.cl/nkyf>
- Mehta, S. (2023). Biodegradable textile polymers: A review of current scenario and future opportunities. *Environmental Technology Reviews*, 12(1), 441-457. <https://doi.org/10.1080/21622515.2023.2227391>
- Osorio, S. (2018). *Estudio de caso del denim y su impacto medioambiental en Fabricato: Sostenibilidad de la industria textil en Medellín* [Trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana].
- Plakantonaki, S., Kiskira, K., Zacharopoulos, N., Chronis, I., Coelho, F., Togiani, A., Kalkanis, K., & Priniotakis, G. (2023). A review of sustainability standards and ecolabeling in the textile industry. *Sustainability*, 15(15), 11589. <https://doi.org/10.3390/su151511589>

Ramírez-Escamilla, H. G., Martínez-Rodríguez, M. C., Padilla-Rivera, A., Domínguez-Solís, D., & Campos-Villegas, L. E. (2024). Advancing toward sustainability: A systematic review of circular economy strategies in the textile industry. *Recycling*, 9(5), 95. <https://doi.org/10.3390/recycling9050095>

Saha, K., Dey, P. K., & Papagiannaki, E. (2021). Implementing circular economy in the textile and clothing industry. *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 1497-1530. <https://doi.org/10.1002/bse.2670>

Sandin, G., & Peters, G. M. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, 184, 353-365. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.266>

De Sousa, J. P., De Oliveira, V., & Maracajá, K. F. B. (2021). A sustentabilidade no espaço empresarial: Reflexões sobre a responsabilidade sócio empresarial no setor da indústria têxtil da cidade de Toritama/PE. *Revista de Ciências Gerenciais*, 25(42), 131-136. <https://doi.org/10.17921/1415-6571.2021v25n42p131-136>

Wodzik, E. (2023). *La calificación artesanal otorgada por la Junta Nacional de Defensa del Artesano y su incidencia en el desarrollo socioeconómico en el Ecuador* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://www.academia.edu/106233629>

Žarković, D., Vučićević, M., & Vlahović, M. (2024). Environmental issue of sustainable textile industry: Examples of good manufacturing practices. *Contemporary Trends and Innovations*, 60, 541-549. [https://doi.org/10.5937/CT\\_ITI24060Z](https://doi.org/10.5937/CT_ITI24060Z)

## Autores

**Pablo Andrés Andrade-Bermeo.** Maestrante en el programa de Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos.

**Guido Olivier Erazo-Alvarez.** Docente de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

**Daniel Andrade Pesantez.** Docente tutor, de la Maestría en Administración de Empresas con mención en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universidad Católica de Cuenca.

## Declaración

Conflicto de interés

No tenemos ningún conflicto de interés que declarar.

Financiamiento

Sin ayuda financiera de partes externas a este artículo.

Nota

El artículo es original y no ha sido publicado previamente.