

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**LOS GRANDES DESAFÍOS DE LEAN SIX SIGMA
Y LA SOSTENIBILIDAD COMO METODOLOGÍA
EN LAS PYMES:
UNA REVISIÓN DE LITERATURA BIBLIOMÉTRICA**

**THE MAJOR CHALLENGES OF LEAN SIX SIGMA AND
SUSTAINABILITY AS A METHODOLOGY IN SMES:
A BIBLIOMETRIC LITERATURE REVIEW**

Israel Martínez Zárate

Tecnologico Nacional de Mexico

Iniria Guevara Ramirez

Tecnologico Nacional de Mexico

Oscar Del Angel Medina

Tecnologico Nacional de Mexico

Jessica Cruz Manzo

Tecnologico Nacional de Mexico

Juan Manuel Corichi Reyes

Tecnologico Nacional de Mexico

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i5.14307

Los Grandes Desafíos de Lean Six Sigma y la Sostenibilidad como Metodología en las PYMEs: Una revisión de Literatura Bibliométrica

Israel Martínez Zárate¹

israel.mz@tehuacan.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-7896-784X>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Universidad Nacional
Mexico

Iniria Guevara Ramirez

iniria.gr@tehuacan.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-6390-1661>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Universidad Nacional
Mexico

Oscar Del Angel Medina

oscar.delangel2106@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-0852-5143>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Universidad Nacional
Mexico

Jessica Cruz Manzo

jessica.cm@tehuacan.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-9872-1794>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Universidad Nacional
Mexico

Juan Manuel Corichi Reyes

Juanmanuel.cr@tehuacan.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0006-8148-0959>

Tecnologico Nacional de Mexico
Instituto Tecnologico de Tehuacan
Universidad Nacional
Mexico

RESUMEN

La integración de los modelos de gestión Lean Manufacturing y Six Sigma, ha marcado una nueva etapa de mejora en el ámbito laboral. Sin embargo, la incorporación de un enfoque sostenible, en respuesta a las exigencias de un nuevo orden mundial, ha emergido como un desafío significativo, particularmente para las pequeñas y medianas empresas. Este artículo presenta una revisión bibliométrica de la literatura existente, analizando cómo se ha estudiado e implementado la metodología Lean Six Sigma en los últimos años con un enfoque sostenible. Se examina la producción literaria sobre esta metodología y su impacto en la investigación, por lo que se identifican las posibles dificultades y limitaciones que las PYMEs podrían enfrentar para alcanzar la sostenibilidad. Además, se proponen futuras líneas de investigación, enfocadas en adoptar estrategias innovadoras que permitan a las PYMEs superar las crecientes exigencias de los clientes, la escasez de recursos y la intensa competencia global.

Palabras clave: bibliométrix, sostenibilidad, lean six sigma, pymes

Autor principal
Correspondencia: israel.mz@tehuacan.tecnm.mx

The Major Challenges of Lean Six Sigma and Sustainability as a Methodology in SMEs: A Bibliometric Literature Review

ABSTRACT

The integration of Lean Manufacturing and Six Sigma management models has marked a new stage of improvement in the workplace. However, the incorporation of a sustainable approach, in response to the demands of a new world order, has emerged as a significant challenge, particularly for small and medium-sized enterprises. This article presents a bibliometric review of the existing literature, analyzing how the Lean Six Sigma methodology has been studied and implemented in recent years with a sustainable approach. The literary production on this methodology and its impact on research is reviewed, thus identifying the possible difficulties and limitations that SMEs could face to achieve sustainability. In addition, future lines of research are proposed, focused on adopting innovative strategies that allow SMEs to overcome increasing customer demands, resource scarcity and intense global competition.

Keywords: bibliométrix, sustainability, lean six sigma, smes

Artículo recibido 15 octubre 2024

Aceptado para publicación: 02 noviembre 2024



INTRODUCCIÓN

Las MIPYMES enfrentan desafíos dinámicos relacionados con el medio ambiente, la competitividad y la mejora continua. A pesar de su papel crucial en el crecimiento económico, son responsables de una gran parte de las emisiones de carbono y la contaminación industrial (Singh et al., 2021).

La creciente demanda de producción sostenible y de alta calidad requiere que las empresas adopten estrategias como Lean Manufacturing y Six Sigma para eliminar defectos de producción y reducir costos y residuos. A pesar de su potencial, la adopción y aplicación de metodologías enfrenta desafíos, incluyendo la necesidad de avanzar desde procesos sin defectos hacia una cadena de valor sin residuos (Powell et al., 2022).

Lean Six Sigma (LSS) como metodología, ha demostrado su utilidad, ya que trabaja en el enfoque a la mejora de la eficiencia y la calidad, que puede ser aplicado en diversas industrias, el cual permite mejorar su rentabilidad de estas. Sin embargo, su aplicación en PYMEs, particularmente en el contexto de la sostenibilidad, ha sido poco explorada. Las PYMEs, tienen una contribución importante en la economía de muchos países, podrían adoptar prácticas sostenibles que no solo optimicen sus operaciones, sino que también minimicen su impacto ambiental y ofrezca también beneficios a sus colaboradores y sociedad en general.

La fabricación sostenible apunta hacia objetivos muy claros, pero las herramientas utilizadas para lograr esos objetivos siempre se definirán en función de las nuevas tecnologías y maquinarias a las que puedan tener acceso. En primera instancia el enfoque de Lean Six Sigma (LSS) fue con fines de productividad y reducción de costos, por lo que en este estudio el enfoque será de tipo ambiental. (Titmarsh et al., 2020). Por lo tanto, este estudio pretende realizar un análisis bibliométrico de la importancia de esta herramienta en las empresas manufactureras que pretenden equilibrar la productividad, rentabilidad y sostenibilidad para crear valor a largo plazo, en un entorno económico complejo y dinámico (Skalli et al., 2023).

Revisión de Literatura de LEAN SIX sigma y sostenibilidad en PYMES

La revisión de la literatura muestra un interés creciente en desarrollar modelos específicos que faciliten la adopción de LSS en diferentes sectores, incluyendo la manufactura y la educación superior.

Este interés refleja la necesidad de adaptar las metodologías tradicionales a las exigencias de la industria



4.0 y a los objetivos de sostenibilidad.

El desarrollo de modelos integrados que combinen los factores críticos de éxito de Lean Manufacturing y Six Sigma es crucial para optimizar su implementación en PYMES. La exploración de mejores prácticas, junto con la adopción de tecnologías emergentes, como la digitalización en la manufactura, juega un papel clave en este proceso. Además, estudios recientes sugieren la necesidad de validar marcos teóricos en diferentes contextos industriales y geográficos, lo que subraya la diversidad de desafíos y oportunidades que enfrenta la implementación de LSS con un enfoque sostenible. El análisis comparativo de los habilitadores de LSS en distintos sectores también es esencial para comprender las variaciones en la eficacia de estos enfoques (Tabla 1).

Tabla 1. Principales teorías y futuras líneas de investigación de LSS con enfoque Sostenible

Título del paper	Autor(es)	Teoría o referencias base	Futuras líneas de investigación
La integración de lean manufacturing, Six Sigma y sostenibilidad: Una revisión de la literatura y futuras líneas de investigación para el desarrollo de un modelo específico	Cherrafi et al., 2016	3 sistemas de Gestión: lean manufacturing, Six Sigma y sostenibilidad.	Exploración de las mejores prácticas para implementar el modelo en diferentes industrias
Lean Six Sigma para instituciones de educación superior (IES): Desafíos, barreras, factores de éxito, herramientas/técnicas	Antony J. et al., 2012	La base teórica del artículo se fundamenta en la literatura existente sobre Lean Six Sigma y su aplicación en sectores como el de la educación superior.	Desarrollo de una hoja de ruta práctica y útil para la implementación y sostenibilidad de LSS en las instituciones de educación superior.
Manufactura de cero defectos: El enfoque para una mayor sostenibilidad en la manufactura en la era de la industria 4.0: Un documento de posición	Psarommatis F. et al., 2022	Fabricación Cero Defectos (ZDM). ZDM introducido por primera vez en 1965 por el ejército de los EE. UU. Industria 4.0	Actualización de sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS), Métodos de diseño de aseguramiento de la calidad, Sistemas de gestión de datos, Estandarización y Cursos académicos
Una exploración comparativa de lean manufacturing y Six Sigma en términos de sus factores críticos de éxito	Alhuraish I. et al., 2017	Se basa en la literatura existente sobre lean manufacturing y Six Sigma, así como en estudios previos de factores críticos de éxito	Desarrollo de modelos integrados que combinen los CSFs de ambas metodologías para optimizar la implementación simultánea o secuencial.
Análisis y priorización de los habilitadores de Lean Six Sigma con aspectos ambientales utilizando el método best worst: Un	Singh M. et al., 2021	El artículo se basa en una revisión extensa de la literatura y las opiniones de expertos en el campo de LSS	Desarrollo de modelos integrados que combinen los facilitadores de LSS con



caso de MIPYMEs indias		y su aplicación en MIPYME.	otros enfoques de sostenibilidad.
Avanzando en la manufactura de cero defectos: Una perspectiva de vanguardia y futuras líneas de investigación	Powell et al.,2022	Principios de "cero defectos" en la gestión de calidad. Industria 4.0: Digitalización de la manufactura y tecnologías emergentes	Extender ZDM más allá de los procesos individuales, adoptar una perspectiva de sistemas y considerar iniciativas de sostenibilidad y economía circular.
Integrando la sostenibilidad en los esfuerzos de Lean Six Sigma	Erdil et al.,2018	El estudio se basa en la literatura existente sobre la integración de Lean, Six Sigma y sostenibilidad.	Las futuras líneas de investigación sugeridas en el artículo incluyen la prueba del marco propuesto en un mayor número de estudios de caso y su implementación en situaciones reales.
Evaluación de los habilitadores sostenibles de Lean Six Sigma utilizando DEMATEL difuso: Un caso de una organización de fabricación india	Parmar y Desai, 2020	Se basa en la teoría y la investigación existentes sobre Lean Six Sigma (LSS) y su integración con prácticas sostenibles	Realizar estudios comparativos entre diferentes sectores para determinar si las barreras son consistentes o varían según la industria.
Lean Six Sigma con enfoque ambiental: revisión y marco de trabajo	Ruben et al.,2018	El artículo se apoya en la teoría de Lean Six Sigma (LSS) y su aplicación en la manufactura, combinada con principios de sostenibilidad y gestión ambiental	Existen desafíos en la implementación, pero los beneficios potenciales en términos de competitividad y cumplimiento normativo son atractivos.
Marco de selección e implementación de proyectos orientados a la sostenibilidad de Green Lean Six Sigma para la industria manufacturera	Kaswan et al.,2022	Green Lean Six Sigma (GLS), Método de Entropía, Análisis de Relación Gris (GRA), Método del Mejor-Peor, Análisis de Sensibilidad	Nuevos métodos para la selección de proyectos GLS orientados a la sostenibilidad.
Green Lean Six Sigma para mejorar la sostenibilidad en la manufactura: Desarrollo y validación de un marco de trabajo	Rathi et al.,2022	Tecnologías Lean y Six Sigma, Green Technologies: Green, Lean y Six Sigma (GLSS)	Continuar la validación del marco en diferentes contextos industriales. Ampliar el marco GLSS para incluir más aspectos y herramientas.
Un análisis comparativo de los habilitadores de green-lean-six sigma y los resultados ambientales: una visión basada en los recursos naturales	Farrukh et al.,2024	La teoría principal utilizada es la Visión Basada en Recursos Naturales (NRBV), que destaca las capacidades estratégicas de las empresas para la sostenibilidad ambiental	Creación de herramientas para evaluar la efectividad de GLSS en diferentes contextos regionales. Investigación del impacto a largo plazo de GLSS en la sostenibilidad y economía de las empresas

Liderazgo lean: un análisis bibliométrico	Santos et al.,2024	Agrupaciones temáticas basadas en el contenido y enfoque de los estudios	Investigar otros posibles clusters temáticos que podrían haber sido pasados por alto.
Análisis del efecto integrado de la economía circular, Lean Six Sigma e Industria 4.0 en el rendimiento de la manufactura sostenible desde una perspectiva basada en la práctica	Skalli et al.,2024	Literatura sobre I4.0, LSS y CE: Estudios previos que destacan la importancia de estas prácticas	Sería deseable realizar el mismo estudio en el sector de servicios, salud o público, y para pequeñas y medianas empresas (PYMEs) y organizaciones más grandes por separado.
Un análisis estadístico descriptivo de los habilitadores para un sistema de manufactura sostenible-integrado-green-lean-six sigma-agile (ISGLSAMS) en las industrias manufactureras indias	Hariyani y Mishra, 2024	El estudio se basa en una revisión exhaustiva de la literatura que identifica 32 facilitadores de ISGLSAMS	Investigación sobre los beneficios y desafíos del uso de Model-Based Definition en la gestión de la calidad en la industria del mueble.

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente artículo se realizó un estudio bibliométrico acerca de los modelos de gestión: Lean Six Sigma con un enfoque sostenible, la búsqueda de esta ecuación fue a través de una base de datos de SCOPUS, la cual está diseñada para resumir cantidades de información hasta los documentos e información más relevantes en menos tiempo y, así filtrar los resultados.

Para el análisis de los datos el proceso está representado en cinco fases las cuales están ilustradas a continuación (Figura 1).

Figura 1. Proceso de búsqueda



Fuente: Elaboración propia

Al generar esta búsqueda se utilizaron las palabras claves escritas en inglés, que en este caso fueron las siguientes “Lean six sigma”, “sustainability and SMEs”. Se ocuparon los operadores booleanos “and” y “or” para filtrar los resultados de la búsqueda, en esta ecuación se utilizó “and” para restringir la búsqueda y así obtener resultados más precisos y relevantes.

Tabla 2 Búsqueda y criterios

Ecuación de búsqueda	Base de datos	Resultados
“Lean six sigma”, and “sustainability”, and “small and medium sized enterprises (SMEs)”.	SCOPUS	154

Fuente: Elaboración propia

La fase 2 “descarga de la lista de referencias y citas del tema”. Cuando se ingresó la ecuación de búsqueda en la base de datos de SCOPUS se realizó la descarga en exe.

En la fase 3 “realizar el análisis bibliométrico”, una vez que ya se tiene los archivos se trasladan a R Bibliometrix, el cual es un software para efectuar estudios bibliométricos (Aria y Cuccurullo, 2017). Posteriormente, el resultado que se generó fueron 154 documentos, los cuales fueron los artículos los más representativos. (Tabla 3).

Tabla 3 Clasificación de los documentos

Tipos de documentos	Resultados
Artículo	88
Libros	4
Capítulo de libro	2
Documento de conferencia	32
Revisión de conferencias	17
Revisiones	11
Total	154

Fuente: Elaboración propia

En la Fase 4 “generar gráficos y mapas”, con el propósito de obtener ilustraciones referentes al tema se construyeron gráficos en Excel y posteriormente se obtuvieron mapas bibliométricos, también se utilizó el software llamado VOSViewer. Por último, en la fase 5 se realizó el “análisis de resultados”. En este apartado se espera que los autores desarrollen una descripción breve de la metodología utilizada: Por ejemplo, dando a conocer si el enfoque es cuantitativo o cualitativo, o quizás mixto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tendencia positiva de la literatura de LSS y sostenibilidad

Un factor importante que demuestra el gran interés por la metodología LSS es la tendencia del número de artículos de investigación publicados específicamente sobre este tema. Para identificar y demostrar



la actividad de investigación sobre LSS y Sostenibilidad, se realizó una búsqueda en las principales bases de datos científicas orientadas a la ingeniería. Más concretamente, se realizó una búsqueda en Scopus.

El criterio de búsqueda fue una coincidencia de las frases “Lean Six Sigma”, “Sostenibilidad” y “Pymes” en el título, resumen, o palabras clave. La gráfica ilustra que existe una tendencia de crecimiento, lo que demuestra que existe un gran interés en Lean Six Sigma.

De 2011 a 2024, hubo una tendencia al alza para frases “Lean Six Sigma”, “Sostenibilidad” y “Pymes”, con trabajos de investigación publicados. Entre 2011 y 2013 tuvo un ligero pico con el 3,90% de las publicaciones, y entre 2015 y 2018 un 12,99% de las publicaciones, pero, de 2019 a 2024, hubo un repunte exponencial representando un 79,22% de los artículos publicados de LSS y sostenibilidad, aunque en 2021 hubo una disminución del 6% recuperando la tendencia al alza en 2022.

La tendencia positiva que comenzó en 2015 puede tener una probable relación con la puesta en marcha de la Agenda 2030 en el marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas, donde se establecieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los Estados se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación.

El aumento exponencial que tuvo en 2020 tiene una probable relación con el inicio de la pandemia de la Covid-19, que sin duda presentó fuertes retos para las empresas manufactureras para contrarrestar el efecto de los contagios en las líneas de producción, anteponiendo el avance tecnológico y desarrollo social y medioambiental sobre los aspectos económicos (Muhammad et al., 2022) puntos donde Lean Six sigma sostenible se presenta como una metodología de interés para los investigadores.



Figura 2. Producción anual desarrollado con base de datos analizados en Bibliometrix



Fuente: Elaboración propia

Análisis de productividad de literatura vs el impacto que genera en el ámbito científico.

Se realizó un análisis comparativo de la información obtenida de la bibliometría en dos ejes de la base de datos de Scopus y el análisis bibliométrico, por un lado “los autores más relevantes” donde se ordenan de mayor a menor los 10 autores con mayor productividad, es decir, los que más publicaciones del tema han tenido (Tabla 4).

Tabla 4. Autores con mayor productividad

No	AUTOR	PRODUCTIVIDAD
1	RATHI R	15
2	ANTONY J	12
3	KASWAN MS	11
4	GARZA-REYES JA	9
5	YADAV V	6
6	HARIYANI D	5
7	SHOKRI A	5
8	SINGH M	5
9	BEN RUBEN R	3
10	CHERRAFI A	3

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, “los autores más citados” donde se ordenan de mayor a menor los 10 autores más citados, que se traduce en los autores que más impacto han generado en el ámbito de investigación (Tabla 5).

Tabla 5. Autores con mayores citaciones

No	AUTOR	IMPACTO
1	CHERRAFI A	369
2	ANTONY J	215
3	PSAROMMATIS F	130
4	ALHURAISH I	117
5	SINGH M	114
6	POWELL D	102
7	ERDIL NO	97
8	PARMAR PS	87
9	RUBEN RB	81
10	KASWAN MS	72

Fuente: Elaboración propia

Se realizó así para contrastar la cantidad de artículos que generan los autores más relevantes con los que más impacto se citan en más ocasiones y determinar el criterio y enfoque para hacer una revisión en los puntos sensibles, así como saber si deberíamos consultar los artículos de los autores más productivos, o revisar la bibliografía más citada, de igual forma analizar si el contraste entre ambos criterios nos brinda información o tendencia de interés.

Para ajustar la información brindada por la Bibliometría de los “autores más relevantes” se descartaron a los coautores para solo contemplar a los autores principales. Para determinar la posición 9 y 10 de la lista, dado que había más de 2 autores con 3 publicaciones enlistados, se eligieron a los 2 autores con más citas para elegir a los que ocuparían dichas posiciones. La información de la lista de “autores más citados”, no hubo necesidad de hacer algún ajuste.

A partir de esta información, se reunió la información donde se enlistan los datos de ambas tablas en una sola. 5 autores aparecieron en ambas listas y, para el resto, se completó la información faltante con las listas originales de la Bibliometría sin importar la posición de cada autor en cada una.

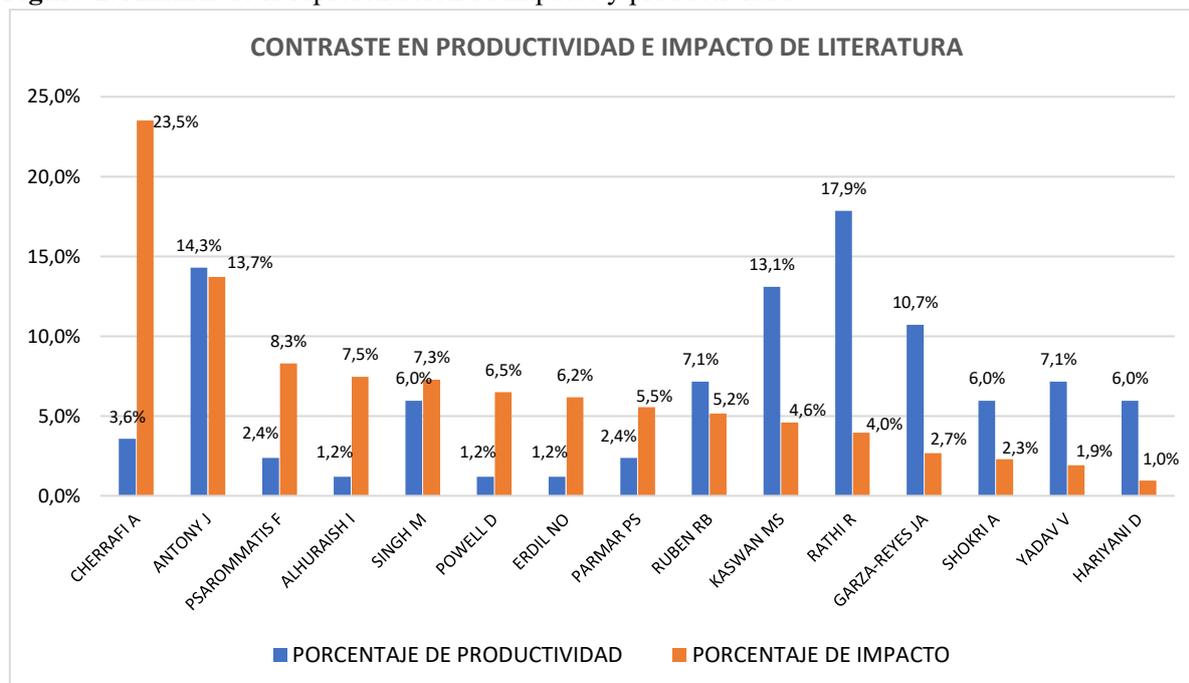
Tabla 6. Relación de la productividad y citación de los principales autores

No.	AUTOR	PRODUCTIVIDAD	IMPACTO	PORCENTAJE DE PRODUCTIVIDAD	PORCENTAJE DE IMPACTO
1	CHERRAFI A	3	369	3.6%	23.5%
2	ANTONY J	12	215	14.3%	13.7%
3	PSAROMMATIS F	2	130	2.4%	8.3%
4	ALHURAISH I	1	117	1.2%	7.5%
5	SINGH M	5	114	6.0%	7.3%
6	POWELL D	1	102	1.2%	6.5%
7	ERDIL NO	1	97	1.2%	6.2%
8	PARMAR PS	2	87	2.4%	5.5%
9	RUBEN RB	6	81	7.1%	5.2%
10	KASWAN MS	11	72	13.1%	4.6%
11	RATHI R	15	62	17.9%	4.0%
12	GARZA-REYES JA	9	42	10.7%	2.7%
13	SHOKRI A	5	36	6.0%	2.3%
14	YADAV V	6	30	7.1%	1.9%
15	HARIYANI D	5	15	6.0%	1.0%
SUMATORIAS		84	1569	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

Contrastando esta información se obtuvo un porcentaje de cada indicador para poder homogeneizar los valores y poderlos representar en la siguiente gráfica. (Figura 2).

Figura 2. Análisis de la representación de impacto y productividad



Fuente: Elaboración propia

Por un lado, se identifica a Cherrafi A. como el autor más citado, que a con su artículo “The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model” ha tenido más impacto ya que el tema que aborda la integración de 3 metodologías, Lean manufacturing, Six sigma y sostenibilidad. Publicó su artículo en el 2016, solo tiene un artículo publicado como autor principal y esta citada 369 veces, en 2024 y 2023 como coautor.

Así mismo, tenemos a Rathi como el autor más relevante con 15 participaciones, aunque solo en 2 artículos es el autor principal, es importante destacar que comenzó su actividad en este tema hace apenas 4 años y sus artículos principales ya fueron citados 62 y 21 veces, participó como coautor en uno de los artículos más citados en la base de datos con 114 veces, con Singh M. como autor principal.

Se puede mencionar en este análisis a Kaswan M.S. quien es el tercer autor más relevante en la bibliometría, y que ha publicado desde el 2020 en 5 ocasiones como autor principal, es decir, es autor regular, ha sido coautor en 8 artículos más y todos ellos aunque no son citados como Cherrafi o Antony J, si es regularmente citado a pesar de tener relativamente poco tiempo publicando y siendo citado 72 veces en su artículo publicado en 2020, también podemos observar que tiene un estrecho vínculo con el autor Rathi, ya que colaboran juntos en la mayoría de sus publicaciones.

Debemos mencionar también a Psaromatis F, que tiene la tercera publicación más citada con 130 en la base de datos y que es una publicación apenas publicada en 2022, lo cual nos indica que su artículo está causando un impacto importante comparado con los 2 artículos más citados que fueron publicados en 2012 y 2016, y el tema que aborda ZDM no es mencionado por los autores principales y que puede ser quien este marcando una tendencia en esta metodología.

Por último, es importante identificar a los autores con poca productividad, ya que solo cuentan con una publicación en la base de datos, pero representan un impacto importante, tal es el caso de Achuráis I. que es citado hasta en 117 ocasiones desde su publicación en 2017; así como Powell D que a tan solo 2 años de haber publicado su artículo (2022) y siendo su única publicación, ha sido citado en 102 ocasiones.



Hay que resaltar que los casos de Powell D y Psaromatis F que se encuentran en lugar 232 y 42 respectivamente en el ranking de los autores más relevantes por tener 1 y 2 publicaciones respectivamente, han causado impacto al ser muy citados: y lo que parece interesante es que ambos abordan el tema de ZDM Cero defectos en la manufactura, lo cual nos puede indicar una metodología nueva y que puede empezar a marcar una tendencia como futura línea de investigación.

Es de gran utilidad, contrastar la información de la tabla de “autores más relevantes” que nos aporta el análisis con bibliometrix, con la identificación de los autores más citados en la base de datos principal, esto nos puede dar un enfoque a los artículos que pueden marcar la ruta de nuestra revisión de literatura. Por otro lado, podemos también destacar que, si bien nuestra base de datos bibliométrica tiene mucha congruencia con el indicador bibliométrico de la ley Lokta, que nos referirá siempre los más productivos y que además observamos que han colaborado en los mismos artículos, siempre vale la pena revisar el trabajo de los autores no tan productivos pero que también generan un impacto importante al ser citados regularmente

Palabras claves: desarrollado con base de datos de Scopus analizadas en bibliometrix

De acuerdo con la tabla obtenida del análisis de VOSviewer “Six Sigma” como palabra con mayor recurrencia en la base de datos Scopus seguida de “Desarrollo sostenible” y en tercera posición “Lean Six Sigma” otras relacionadas o que están implícitas en las metodologías objeto de este estudio como “Monitoreo de proceso”, “simplificación del trabajo”, “lean production”, “sostenibilidad” dan muestra de la buena sensibilidad de la metodología estadística de Scopus, para la identificación de la literatura en la cual tenemos interés para realizar esta revisión de literatura, sin embargo, se destaca la ausencia de palabras con relación directa a una de las palabras claves objetos de este artículo como es “Pequeña y Mediana empresa (PYMEs), lo que puede sugerir la falta de exploración y generación de literatura del Lean Six Sigma y Sostenibilidad aplicada en PYMEs(Tabla 7).

La siguiente Figura (3) muestra estas mismas palabras con una fuerte y homogénea relación entre el resto de ellas, y nos muestra como a partir del 2019 empiezan a cobrar mayor relevancia conceptos como “procesos de ingeniería” y “lean manufacturing” y las palabras con mayor concurrencia , cobran relevancia a partir del 2020, algo que como se había mencionado en el análisis de artículos por año, nos muestra el reciente y exponencial interés de los investigadores por conocer y profundizar de “Lean Six



Incorporación de la sostenibilidad con LEAN SIX SIGMA en PYMEs

Lean Six Sigma se ha convertido en una estrategia clave para las organizaciones manufactureras que buscan mejorar su rendimiento operativo. Sin embargo, la integración de la sostenibilidad dentro de esta metodología ha planteado nuevos desafíos, especialmente para las PYMEs, los investigadores y los expertos en implementación. El creciente interés en combinar Lean Six Sigma con prácticas sostenibles refleja el deseo de optimizar el rendimiento empresarial de manera responsable. A continuación, se ofrece una Tabla (8) con indicadores de sostenibilidad que pueden ajustarse según las metas y prioridades de cada empresa. (Erdil et al., 2018)

Tabla 8. Relación de variables

Indicadores comunes de sostenibilidad seleccionados de la literatura

Dimensión/Indicador de Sostenibilidad		
Ambiental	Social	Económico
Energía eficiencia/consumo	Salud y seguridad	Patrones de consumo
Uso eficiente de lo natural Recursos	Nivel de vida	Distribución de la riqueza
Prevención de la contaminación - emisiones al aire	Educación y habilidades	Investigación y desarrollo (Nuevos procesos y productos, tecnología)
Prevención de la contaminación - emisiones al agua	Empleo (retención, pérdida de talento)	Generación de ingresos
Prevención de la contaminación - emisiones a la tierra	Comunidad	Crecimiento inteligente
Gestión de residuos	Diversidad y Equidad	
Uso eficiente de materiales.	Identidad	

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

La integración de Lean Six Sigma (LSS) en las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) con un enfoque en la sostenibilidad es un desafío relevante en el contexto empresarial actual. Lean Six Sigma es una metodología que combina la eficiencia de Lean Manufacturing con la precisión de Six Sigma, permitiendo a las empresas mejorar la calidad de sus procesos y reducir desperdicios. Sin embargo, cuando se trata de PYMEs, la implementación de LSS enfrenta obstáculos únicos, especialmente cuando se busca alinear estos esfuerzos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU en 2015.



Una de las principales barreras es la automatización y digitalización de los procesos. Muchas PYMEs carecen del nivel de automatización que facilita la recopilación de datos y el monitoreo continuo, ambos esenciales para la aplicación efectiva de LSS. Sin una infraestructura tecnológica adecuada, los beneficios potenciales de LSS pueden verse limitados, impidiendo que estas empresas logren la eficiencia operativa y sostenibilidad deseada. Además, la resistencia al cambio es un factor crítico que puede obstaculizar la adopción de estas metodologías. Sin un compromiso firme de la alta dirección y una cultura organizacional que promueva la mejora continua, los proyectos de LSS corren el riesgo de fracasar.

La integración de los ODS en las estrategias de LSS también presenta desafíos, pero es un paso crucial para asegurar que las PYMES no solo sean más eficientes, sino también responsables social y ambientalmente. Los ODS abarcan una amplia gama de temas, desde la reducción de la pobreza hasta la lucha contra el cambio climático, y su inclusión en los procesos de negocio puede ayudar a las PYMES a alinearse con las expectativas globales de sostenibilidad. Esto no solo mejora su reputación y competitividad en el mercado, sino que también puede abrir nuevas oportunidades de financiamiento y colaboración.

Las futuras líneas de investigación deberían centrarse en cómo las PYMEs pueden superar estas barreras. En primer lugar, es necesario explorar cómo la automatización y digitalización pueden ser accesibles y efectivas en el contexto de las PYMEs. Además, estudios empíricos que analicen casos reales de éxito en la implementación de LSS con un enfoque en sostenibilidad proporcionarían valiosos insights. También es esencial investigar estrategias para gestionar la resistencia al cambio, identificando los factores que influyen en la aceptación de nuevas metodologías. Por último, es importante evaluar el impacto económico y ambiental de la implementación de LSS en las PYMEs, considerando tanto los beneficios a corto como a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alhuraish, I., Robledo, C., & Kobi, A. (2017). A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors. *Journal of Cleaner Production*, 164, 325–337.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.146>



- Antony, J., Krishan, N., Cullen, D., & Kumar, M. (2012). Lean Six Sigma for higher education institutions (HEIs). *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(8), 940–948. <https://doi.org/10.1108/17410401211277165>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198, 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.048>
- Farrukh, A., Mathrani, S., & Sajjad, A. (2021). A comparative analysis of green-lean-six sigma enablers and environmental outcomes: a natural resource-based view. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(3), 481–502. <https://doi.org/10.1108/ijlss-05-2021-0095>
- Hariyani, D., & Mishra, S. (2023). A descriptive statistical analysis of enablers for integrated sustainable-green-lean-six sigma-agile manufacturing system (ISGLSAMS) in Indian manufacturing industries. *Benchmarking: An International Journal*, 31(3), 824–865. <https://doi.org/10.1108/bij-06-2022-0344>
- Kaswan, M. S., Rathi, R., Garza-Reyes, J. A., & Antony, J. (2022). Green Lean Six Sigma sustainability – oriented project selection and implementation framework for manufacturing industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(1), 33–71. <https://doi.org/10.1108/ijlss-12-2020-0212>
- Muhammad, N., Upadhyay, A., Kumar, A., & Gilani, H. (2022). Achieving operational excellence through the lens of lean and Six Sigma during the COVID-19 pandemic. *The International Journal of Logistics Management*, 33(3), 818–835. <https://doi.org/10.1108/ijlm-06-2021-0343>
- Parmar, P. S., & Desai, T. N. (2020). Evaluating Sustainable Lean Six Sigma enablers using fuzzy Dematel: A case of an Indian manufacturing organization. *Journal of Cleaner Production*, 265, 121802. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121802>
- Powell, D., Magnanini, M. C., Colledani, M., & Myklebust, O. (2022). Advancing zero defect



- manufacturing: A state-of-the-art perspective and future research directions. *Computers in Industry*, 136, 103596. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103596>
- Psarommatis, F., Sousa, J., Mendonça, J. P., & Kiritsis, D. (2021). Zero-defect manufacturing the approach for higher manufacturing sustainability in the era of industry 4.0: a position paper. *International Journal of Production Research*, 60(1), 73–91. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1987551>
- Rathi, R., Kaswan, M. S., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Cross, J. (2022). Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework development and validation. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131130>
- Ruben, R. B., Vinodh, S., & Asokan, P. (2017). Lean Six Sigma with environmental focus: review and framework. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9–12), 4023–4037. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1148-6>
- Santos, B. B., Sigahi, T. F. A. C., Rampasso, I. S., Moraes, G. H. S. M. D., Leal Filho, W., & Anholon, R. (2023). Lean leadership: a bibliometric analysis. *Benchmarking: An International Journal*, 31(1), 265–277. <https://doi.org/10.1108/bij-07-2022-0468>
- Singh, M., Rathi, R., & Garza-Reyes, J. A. (2021). Analysis and prioritization of Lean Six Sigma enablers with environmental facets using best worst method: A case of Indian MSMEs. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123592. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123592>
- Skalli, D., Charkaoui, A., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Shokri, A. (2023). Analyzing the integrated effect of circular economy, Lean Six Sigma, and Industry 4.0 on sustainable manufacturing performance from a practice-based view perspective. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 1208–1226. Portico. <https://doi.org/10.1002/bse.3546>
- Titmarsh, R., Assad, F., & Harrison, R. (2020). Contributions of lean six sigma to sustainable manufacturing requirements: an Industry 4.0 perspective. *Procedia CIRP*, 90, 589–593. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.044>

