

¿Son las prácticas Lean la solución para mejorar el rendimiento empresarial en la industria manufacturera de México?

Are Lean practices the solution to improve business performance in Mexico's manufacturing industry?

Gonzalo Maldonado Guzmán^a
Raymundo Juárez del Toro^b
Víctor Manuel Molina Morejón^c

Clasificación: trabajo empírico-investigación
Recibido: 3 de agosto, 2023
Revisado: 31 de octubre, 2023
Aceptado: 24 de diciembre, 2023

■ Resumen

Las prácticas Lean se consideran en la literatura como una filosofía de trabajo que les permite a las organizaciones identificar y eliminar aquellas actividades que no generan valor, a menudo llamadas residuos, las cuales tienen un impacto no solo en los procesos productivos, sino también en la cadena de suministro, en las actividades de logística y en el nivel del rendimiento empresarial. Sin embargo, son relativamente pocos los estudios publicados en la literatura que han analizado y discutido la relación y consecuencias de la aplicación de las prácticas Lean y sus efectos en la cadena de suministro Lean y el rendimiento empresarial. Por ello, el objetivo esencial de este estudio es llenar el vacío que existe en la actual literatura y probar empíricamente la asociación positiva entre las prácticas Lean, la cadena de suministro Lean y el rendimiento empresarial. Para este propósito, se distribuyó una encuesta a una muestra de 460 empresas manufactureras de la industria automotriz de México, y se validó el modelo de investigación propuesto por medio del uso del PLS-SEM. Los resultados sugieren que las prácticas Lean tienen un impacto positivo tanto en el rendimiento empresarial como en el de la cadena de suministro Lean, al igual que la cadena de suministro Lean también tiene un efecto positivo en el rendimiento empresarial.

Palabras clave: prácticas Lean, cadena de suministro Lean, logística Lean, rendimiento empresarial.

■ Abstract

Lean practices are considered in the literature as a work philosophy that allows organizations to identify and eliminate those activities that do not generate value, commonly called waste, which have an impact not only on production processes, but also on supply chain, and in the level of business performance. However, there are relatively few studies published in the literature that have analyzed and discussed the relationship and consequences of the application of Lean practices and their effects on Lean supply chain, and business performance. Therefore, the essential objective of this study is to fill the existing gap in the current literature and empirically test the positive association between Lean practices, Lean supply chain, and business performance, for which a survey was distributed to a sample of 460 manufacturing companies of the automotive industry in Mexico, and the proposed research model was validated using PLS-SEM. The results obtained suggest that Lean practices have a positive impact on business performance and Lean supply chain, just as Lean supply chain also have a positive impact on business performance.

Keywords: Lean practices, Lean supply chain, Lean logistics, business performance.

^a Universidad Autónoma de Aguascalientes, Ciudad Universitaria, Aguas Calientes (México). Correo electrónico: gonzalo.maldonado@edu.uaa.mx. ORCID: 0000-0001-8814-6415.

^b Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón (Coahuila, México). Correo electrónico: r.juarez@uadec.edu.mx. ORCID: 0000-0001-5500-4066.

^c Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón (Coahuila, México). Correo electrónico: victormolina@uadec.edu.mx. ORCID: 0000-0001-9124-0840.

■ Introducción

Por tradición, las prácticas Lean (PL) se han considerado como una metodología de mejora continua que permite a las empresas manufactureras mejorar su nivel de eficiencia (Hopp y Spearman, 2021). No obstante, estudios recientes han demostrado que la eficiencia no es necesariamente el único resultado de su adopción, sino que también facilita la adaptabilidad de las organizaciones para responder a los cambios que demanda el medio ambiente (Cusumano et al., 2021), lo cual les permite a las empresas Lean adaptarse con más rapidez a tales cambios que las que no las han aplicado (Lean Enterprise Institute [LEI], 2022). Sin embargo, hace falta evidencia empírica robusta que demuestre si la adopción de las LP puede ayudar a las empresas manufactureras a adaptar continuamente sus procesos a los cambios medioambientales y cómo hacerlo (Gutiérrez et al., 2022), tales como la mejora en la cadena de suministro Lean (CSL) (Alejandro-Chable et al., 2022) y el rendimiento empresarial (RE) (Shah y Naghi, 2017).

En este sentido, no es de extrañar encontrar en la literatura que las PL las recomienda cada vez más la comunidad científica y la académica, ya que ello representa para las empresas manufactureras un equilibrio entre los beneficios económicos y el cuidado del ambiente (Herbaz et al., 2022). Con todo, a pesar del enorme interés y atención que tienen las PL de parte de investigadores y académicos, la relación entre las PL, la CSL y el RE requiere el aporte de evidencia empírica, ya que los resultados teóricos y empíricos publicados en la literatura varían desde negativos hasta positivos, lo cual genera una ambigüedad en las conclusiones (Herbaz et al., 2022). Por tanto, existe en la literatura la necesidad de clarificar los efectos de las PL en la CSL y el RE, la cual puede considerarse como inconclusa y abierta al debate (Asmae et al., 2020).

Además, a pesar de la aportación de evidencia teórica y empírica que ha demostrado que las PL se han implementado en diversas empresas de distintos sectores, tamaños y países (Andreadis et al., 2017; Garza-Reyes et al., 2018), existe una literatura demasiado limitada acerca de la relación entre las PL, la CSL y el RE (Asmae et al.,

2020; Haddud y Khare, 2020). En este sentido, Von Haartman et al. (2016) consideraron que las PL tal vez eran un prerrequisito para adoptar la digitalización en la CSL, mientras que Pflaum et al. (2018) indicaron la existencia de un número limitado de literatura acerca del futuro de la CSL, y Socconini (2019) encontró que la implementación de las PL en las empresas manufactureras, sobre todo en los países de economía emergente, generaba múltiples beneficios, entre ellos una mejora significativa en la CSL.

El objetivo de este estudio empírico es analizar la correlación entre las PL, la CSL y el RE de las empresas manufactureras. Así pues, se realizó un estudio en las empresas manufactureras de México el cual utilizaba una muestra de 308 observaciones y estimaba el modelo de investigación aplicando el Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM) con el uso del *software* SmartPLS 4.0 (Ringle et al., 2022). El estudio también contribuye a la literatura en lo que concierne a la inconsistencia en los resultados de estudios empíricos publicados antes en la literatura (Haddud y Khare, 2020), y los resultados pueden ser útiles tanto para los directivos de las empresas como para la administración pública.

■ Revisión de la literatura

Las prácticas Lean y el rendimiento empresarial

Womack et al. (1991) popularizaron el término “Lean” como un concepto de gestión de las empresas manufactureras, después que Krafcik (1988) utilizó por primera vez este concepto en la literatura para describir el sistema de producción de Toyota. Así, las PL se orientan en esencia a crear valor eliminando los gastos innecesarios y mejora de los productos sin incurrir en un costo adicional (Gutiérrez et al., 2022; Pathmalatha, 2021). Desde el punto de vista de la empresa, los gastos innecesarios pueden ser de material, inventario, sobreproducción, movimientos inadecuados de la mano de obra, complejidad, energía, espacio, defectos, transporte, etc. (Womack y Jones, 1994). Además, las PL por lo general se conceptualizan desde dos

puntos de vista, a saber: desde una perspectiva filosófica relacionada con los principios rectores y generales (Spear y Bowen, 1999; Womack y Jones, 1996), o desde un punto de vista pragmático de un conjunto de prácticas de gestión, herramientas o técnicas que pueden observarse directamente (Li et al., 2005; Shah y Ward, 2003).

En este contexto, la diferencia en la orientación de ambas perspectivas no necesariamente implica un desacuerdo, pero sí genera un problema en la claridad conceptual de las PL (Shah y Ward, 2007). Si consideramos que el propósito esencial de las PL es reducir los inventarios, entonces las empresas tienen que gestionar de forma adecuada la variabilidad en la cadena de suministro, el tiempo de procesar los pedidos y la demanda futura (De Treville y Antonakis, 2006; Hopp y Spearman, 2004), lo cual indica que tendrán que gestionar con eficiencia sus sistemas social y técnico de manera simultánea (Shah y Ward, 2007). Juntando ambos puntos de vista, se puede definir a las PL como “un sistema socio-técnico integrado cuyo principal objetivo es la eliminación de los gastos innecesarios a través de una reducción o eliminación simultánea de la variabilidad interna, del proveedor y del cliente” (Shah y Ward, 2007, p. 791).

Sin embargo, aun cuando se ha demostrado en la literatura que la adopción de las PL en las empresas manufactureras genera un uso más eficiente de los recursos y un incremento significativo en el RE (Farias et al., 2019), existen estudios que han aportado evidencia teórica y empírica de una relación negativa entre las PL y el RE (Bhasin, 2008; Khanchanapong et al., 2014). Una posible causa de estos resultados negativos podría ser que en la medición de las PL se consideren las prácticas y herramientas de manera indistinta, lo cual es incongruente (Shah y Naghi, 2017). Las prácticas más utilizadas en la medición del LP son las diez subcategorías que se agruparon en tres constructos esenciales (prácticas de los proveedores, clientes e internas) propuestas por Shah y Ward (2007), mientras que las herramientas más comunes son el mapeo de flujo de valor (VSM), Kanban, gestión de la calidad total (TQM), mantenimiento productivo total (TPM), justo a tiempo (JIT) y Kaizen (Bhasin, 2015).

Con la finalidad de contrarrestar los resultados negativos y aportar evidencia empírica a favor de la relación entre las PL y el RE, Shah y Naghi (2017) realizaron un estudio en el que encontraron una relación positiva entre ambos conceptos. Inman y Green (2018) y Farias et al. (2019) obtuvieron resultados similares, mientras que Dieste et al. (2019) y Negrao et al. (2020) encontraron que las empresas manufactureras que aplicaron las PL fueron capaces de obtener mejoras significativas en el RE hasta llegar a un punto máximo, después del cual se tendrán pequeñas mejoras. Ello significa que las empresas no requieren aplicar una amplia gama de herramientas de las PL en una etapa inicial, sino más bien solo las herramientas que más se adecuen a sus necesidades (Negrao et al., 2020), lo cual implica que las PL pueden tener una influencia positiva en el nivel del RE, aun cuando los resultados positivos no serán idénticos en todas y cada una de las herramientas de las PL (Dieste et al., 2019).

En cuanto a la adopción de las PL en las empresas manufactureras de México, una revisión en las revistas *Scopus* permitió identificar solo quince estudios publicados, algunos de los cuales se orientaron a la implementación del *Lean manufacturing* (Bednarek y Niño-Luna, 2008; Colin-Lozano et al., 2019; Mitchell y Moreno, 2005), otros a la relación del *Lean manufacturing* con la mejora de los procesos (Flores et al., 2011; Niño-Luna, 2010), factores críticos de éxito (De la Vega et al., 2020; Martínez-Martínez, 2021; Pérez-Pucheta et al., 2019), planeación de la producción (Alvarado-Iniesta et al., 2014; Hernández-Vázquez et al., 2021), sustentabilidad (Monge et al., 2013; Pazos et al., 2009), rendimiento económico sustentable (García-Alcaraz et al., 2021; García-Alcaraz et al., 2022) y rendimiento financiero (Maldonado-Guzmán et al., 2023). Sin embargo, ninguno de los estudios publicados se ha enfocado en el análisis de la relación de las PL con el RE; de ahí la importancia de este estudio.

Además, aun cuando el 83% de los estudios publicados en la literatura han confirmado la existencia de una relación positiva entre las PL y el RE, el 3% una relación negativa y el 14% una

relación mixta entre ambos constructos (Dieste et al., 2019), todavía existe una falta de conocimiento en la relación entre las PL y los diferentes conceptos e impactos en el RE (Ribeiro et al., 2022), por lo cual hace falta que la comunidad científica y la académica orienten sus investigaciones futuras a la aportación de evidencia empírica robusta de la relación entre las PL y el RE (Asmae et al., 2020). Así, considerando la información que se ha presentado, es posible plantear la siguiente hipótesis de investigación.

H1: A mayor aplicación de las prácticas Lean, mayor nivel del rendimiento empresarial.

Las prácticas Lean y la cadena de suministro Lean

El concepto *Lean* lo integran cinco principios básicos: *valor, flujo de valor, flujo, atracción y perfección* (Womack y Jones, 1996). El valor se refiere en esencia a la percepción de valor que tienen los clientes y a la definición precisa de valor por medio de un diálogo con un grupo específico de clientes, mientras que el flujo de valor se refiere a la serie de acciones que realizan las empresas para identificar las actividades que generan valor y que se deben incorporar a la producción (Womack y Jones, 1996). Por su parte, el flujo se refiere al flujo de valor ideal en el cual los productos se entregan de forma directa a los consumidores, mientras que la atracción se refiere en la práctica a que la empresa no deberá producir nada hasta que el cliente solicite el producto, y por último, la perfección se refiere al logro de los cuatro principios anteriores y a la aplicación de la mejora continua, la cual no tiene fin (Womack y Jones, 1996).

Así mismo, en la literatura se han diferenciado las PL internas (*operacionales*: reducción del tiempo de producción, prácticas de flujo, prácticas relacionadas con los empleados) de las PL externas (*cadena de suministro*: comentarios de los proveedores, justo a tiempo, participación de los clientes, desarrollo de proveedores) (Azadegan et al., 2013; Chávez et al., 2013; Tortorella et al., 2017). En particular, las PL tienen una relación muy estrecha con las prácticas de la CSL, porque estas requieren una buena relación y retroalimentación con los proveedores, las entregas

de justo a tiempo de estos, una interacción frecuente con las necesidades y expectativas de los clientes y el desarrollo de sus proveedores (Shah y Ward, 2007). Así, adoptar las PL permite a las empresas manufactureras una mejora en la CSL, al implementar prácticas de colaboración intensivas con los proveedores y cumplir los compromisos con los clientes (Gutiérrez et al., 2022).

En este sentido, en la literatura se ha establecido que las PL tienen una enorme influencia en la gestión de la cadena de suministro, la cual es la actividad en la que se genera mayor cantidad de gastos innecesarios (Kumar et al., 2016). Pero las PL son cada vez más difíciles de implementar y mantener, a medida que la cadena de suministro se vuelve más Lean y compleja (Kumar et al., 2016). De acuerdo con Kumar et al. (2016), las PL permiten a las empresas manufactureras identificar el flujo de valor en la cadena de suministro, que este fluya sin interrupciones y que los clientes lo perciban sin demasiada complejidad, por lo cual en un tiempo relativamente corto las PL se han convertido en una estrategia sin duda esencial en las empresas manufactureras, ya que mejoran de modo sustancial la CSL (Kumar et al., 2016). Además, estudios recientes (Ait Hammou et al., 2022; Hebaz et al., 2022; Rodrigues et al., 2020) implementaron distintas PL en la CSL, tanto de las empresas de la cadena de proveeduría como de las empresas manufactureras, y encontraron una relación positiva.

Más aún, diversos investigadores, académicos y profesionales de la industria consideran que aún falta mucha evidencia empírica para comprender mejor la implementación de las PL en la CSL de las empresas manufactureras (Herbaz et al., 2022; Marodin et al., 2016; Ribeiro et al., 2022; Tortorella et al., 2017), sobre todo porque aplicar las PL en la CSL no es un proceso simple (de Oliveira-Dias et al., 2023), por dos razones esenciales: 1) los gastos innecesarios en la cadena de suministro son muy fáciles de identificar y cuantificar, pero aún más difíciles de eliminar, y 2) los procesos de manufactura se pueden controlar con facilidad desde la dirección, pero en la cadena de suministro se requiere una atención particular entre todos los que participan en ella, desde los proveedores hasta los clientes (Soni y Kodali, 2012).

Sin embargo, en la literatura se ha demostrado que la aplicación de las PL en la CSL requiere la colaboración intensiva con los clientes y proveedores para que sea eficiente y efectiva, lo cual fortalece las capacidades tanto de las empresas manufactureras como de sus proveedores (Gutiérrez et al., 2022). En este sentido, diversos estudios (Cagliano et al., 2006; Powell y Coughlan, 2020; Tortorella et al., 2017;) aportaron evidencia teórica y empírica de cómo la aplicación de las PL en la CSL tales como retroalimentación con los proveedores y la participación de los clientes mejoraron de manera notoria la coordinación de las actividades, la integración de la información y la transferencia de conocimiento a la totalidad de las empresas de la cadena de proveeduría. Por último, en un estudio reciente Singh et al. (2021) demostraron que la adopción de las PL mejoró no solo el rendimiento ambiental y económico, sino también el nivel de la CSL de las empresas. Así, considerando la información que se ha presentado, es posible plantear la siguiente hipótesis de investigación.

H2: A mayor aplicación de las prácticas Lean, mayor aplicación de la cadena de suministro Lean.

La cadena de suministro Lean y el rendimiento empresarial

En las últimas dos décadas, la CSL se ha adoptado con éxito en las empresas de distintos sectores de la actividad económica (Chakrabarty y Wang, 2021), desde la industria manufacturera hasta los servicios de salud (Rossini et al., 2023). En particular, este incremento se debe en parte a que la adopción de la CSL brinda distintos beneficios a las empresas, como reducción de los costos, reducción del tiempo de producción, mejora de la calidad de los productos, eliminación de los gastos innecesarios (Moyano-Fuentes et al., 2021) y un aumento en el RE (García-Buendía et al., 2023). No obstante, Fisher (1997) consideró que para lograr un mayor nivel de eficiencia la CSL de las empresas manufactureras debía combinar sus estrategias internas (duración del ciclo de vida de los productos, previsión de la demanda, variedad de productos y tiempo del

mercado para la entrega) con sus estrategias externas (clientes y proveedores).

Krejewski et al. (2015) consideran que las empresas manufactureras más exitosas que han adoptado la CSL son aquellas que han combinado las prácticas externas de los clientes y proveedores con las prácticas internas de la mejora de sus procesos. Por ello, la CSL y sus efectos en el RE ha tomado relevancia en la última década (García-Buendía et al., 2021), sobre todo porque la CSL tiene distintas implicaciones en diversos rendimientos de las empresas (García-Buendía et al., 2023). Así, desde el punto de vista de Anand y Kodali (2008), la CSL puede definirse como “la gestión de diferentes organizaciones que integran flujos ascendentes y descendentes de distintos productos que pueden aumentar el valor y reducir los costos y gastos innecesarios, respondiendo con prontitud para satisfacer la demanda de cada cliente” (p. 314), mientras que desde el punto de vista de Barney (1991), el RE puede definirse como “el resultado de la combinación valiosa y difícil de imitar de los recursos internos y externos de la cadena de suministro para lograr un mejor desempeño” (p. 101).

En un contexto de la CSL, la medición del RE incluye indicadores financieros (son esenciales al evaluar el impacto en las mejoras financieras de la empresa) e indicadores no financieros (se refieren al logro de los objetivos estratégicos que se relacionan con una mayor flexibilidad y reducción de la incertidumbre de la empresa) (Wu et al., 2014). Por ello, la CSL permite a las empresas manufactureras aumentar su nivel de RE integrando los recursos para intercambiar información, coordinar los procesos y actividades y adoptando un proceso de mejora continua en toda la cadena de proveeduría (Mollenkopf et al., 2010), lo cual ayuda a las empresas a responder a la presión competitiva del mercado para mejorar la flexibilidad, la confiabilidad en las entregas y la reducción de los costos (García-Buendía et al., 2023).

Con todo, a pesar de que se ha demostrado que la CSL incrementa de forma significativa el RE de las organizaciones (Federico et al., 2020), aun no existe claridad sobre los efectos que tiene en el RE de las empresas manufactureras

(De Oliveira-Días et al., 2023), por lo cual estos resultados inconclusos reflejan la necesidad de aportar evidencia empírica robusta de los efectos que ejerce la CSL en el RE (García-Buendía et al., 2023; De Oliveira-Días et al., 2023). Si bien algunos estudios han encontrado una relación positiva entre la CSL y el RE (Ali, 2022; De Oliveira-Días et al., 2022; Proença et al., 2022; Raji et al., 2021), otros han encontrado una relación negativa (Putnik y Putnik, 2012; Qamar et al., 2018; Tortorella et al., 2018a, 2018b), por lo cual hace falta aportar evidencia empírica robusta que aclare los efectos que tiene la CSL en el nivel del RE de las empresas manufactureras (García-Buendía et al., 2021).

Con la finalidad de aportar evidencia empírica a favor de la relación entre la CSL y el RE, García-Buendía et al. (2021) encontraron que la CSL les permite a las empresas no solo reducir los costos y las actividades que no generan valor, sino también una mejora en el RE, mientras que Moyano-Fuentes et al. (2021) también encontraron que la CSL puede reducir los costos y el tiempo del ciclo de vida de los productos, lo cual mejora la eficiencia de la organización y el RE. Así, aun cuando existe evidencia empírica que ha contribuido a identificar el impacto positivo de la CSL en la eficiencia de las empresas manufactureras (Moyano-Fuentes et al., 2021), se requieren estudios adicionales sobre su efecto en el RE, para avanzar en el conocimiento de los beneficios de la adopción de la CSL (García-Buendía et al., 2023). Así, considerando la información que se ha

presentado en los párrafos anteriores, es posible plantear la siguiente hipótesis de investigación.

H3: A mayor aplicación de la cadena de suministro Lean, mayor nivel del rendimiento empresarial

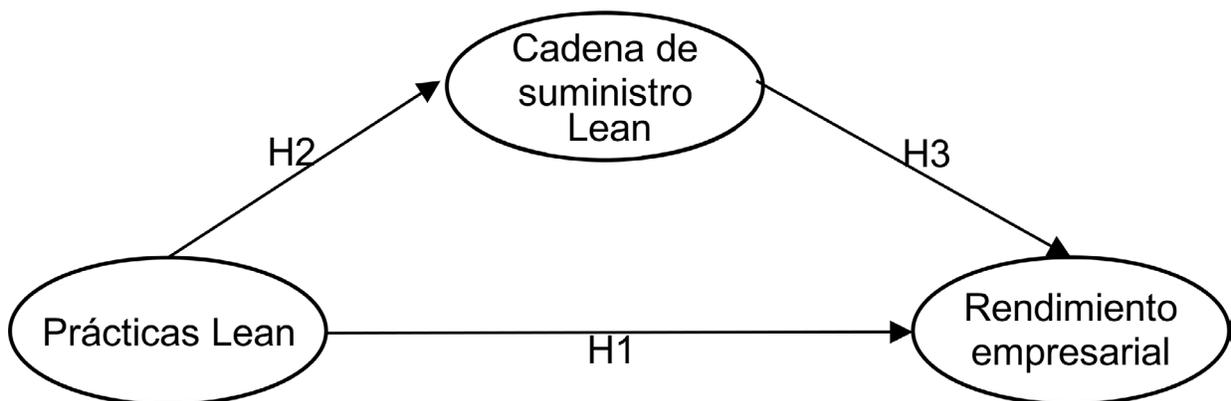
La figura 1 muestra el planteamiento de las tres hipótesis en el modelo de investigación.

■ Metodología

Este estudio empírico se ha orientado esencialmente al análisis y discusión de los efectos de las PL en la CSL y en el RE, utilizando la técnica estadística del PLS-SEM. Se aplicó en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, la cual tenía un registro de 950 empresas al 30 de enero de 2020, pertenecientes a distintos organismos empresariales nacionales e internacionales, por lo cual el estudio no se centró en una asociación empresarial en particular. Además, se consideró pertinente el análisis de la industria automotriz, no solo porque es una de las industrias que genera un porcentaje importante del producto interno bruto y altos niveles de empleo, sino también porque el crecimiento y desarrollo de la economía y la sociedad mexicanas tienen como base la industria automotriz.

Los datos secundarios se recolectaron de las empresas manufactureras registradas en la Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) durante 2020, utilizando para ello una encuesta en papel que se aplicó a una muestra de 460 empresas que fueron seleccionadas

Figura 1. Modelo de investigación



Fuente: elaboración propia.

mediante un muestreo aleatorio simple, con un error máximo del $\pm 4\%$ y un nivel de confiabilidad del 95%, durante los meses de abril a septiembre. Además, para la medición de las PL se utilizó la escala de Shah y Ward (2007) con nueve ítems (los tres con mayor puntuación de cada una de las tres dimensiones fueron *prácticas de los proveedores, clientes e internas*). Para la medición de la CSL se utilizó la escala propuesta por Narashiman et al. (2006) y Shah y Ward (2007) con cinco ítems; y para la medición del RE se utilizó la escala de Bag (2014) con seis ítems. Todos los ítems de las escalas se midieron con una Likert de cinco puntos, con 1 = “Totalmente en desacuerdo” a 5 = “Totalmente de acuerdo” como límites. La tabla 1 muestra las características principales de las empresas encuestadas.

Tabla 1. Características de la muestra

Variable	Frecuencia	Porcentaje
Antigüedad de las empresas		
Empresas jóvenes (1-10 años)	156	33.9
Empresas maduras (> 10 años)	304	66.1
Total	460	100.0%
Tamaño de las empresas		
Pequeñas	139	30.2
Medianas	199	43.3
Grandes	122	26.5
Total	460	100.0%
Tipo de empresa		
Empresas familiares	122	26.5
Empresas no familiares	338	73.5
Total	460	100.0%

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1 se aprecia que más del 66% de las empresas tienen más de 10 años en el mercado, la mayoría de ellas son medianas y grandes empresas, y más del 73% son empresas no familiares. Además, de las 460 empresas manufactureras encuestadas, 60 se encuestaron en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Coahuila, Nuevo León y Estado de México, mientras que 50 encuestas se aplicaron en San Luis Potosí y Puebla. Estos ocho estados de

México concentran un poco más del 90% del total de la industria automotriz del país.

■ Análisis de los datos

Los datos del estudio empírico se generaron por medio de una encuesta y se analizaron con el PLS-SEM usando el software SmartPLS 4.0 (Ringle et al., 2022), con la finalidad de evaluar la fiabilidad y validez de las escalas de medida utilizadas en el modelo de investigación. Por ello, la fiabilidad se midió con el Alfa de Cronbach, el índice de fiabilidad compuesta (IFC) y el índice de la varianza extraída (IVE) (Hair et al., 2019), mientras que la validez discriminante se evaluó mediante el Criterio de Fornell y Larcker y la ratio Heterotrait-Monotrait (HTMT) (Henseler, 2018), ya que estos son los dos índices más importantes y citados en la literatura. La tabla 2 muestra los ítems de las escalas que se utilizaron.

La tabla 2 indica que las cargas factoriales de la totalidad de los ítems son superiores a 0.60 y son significativas (Hair et al., 2019), lo cual indica la existencia de fiabilidad de las escalas de medida de los tres constructos. Además, los resultados al aplicar el PLS-SEM (tabla 3) muestran que el alfa de Cronbach, el IFC y el Dijkstra-Henseler rho tienen valores superiores a 0.7, lo cual señala la existencia de un buen ajuste de los datos del modelo de investigación, y están por encima del valor recomendado por Hair et al. (2019); el IVE tiene valores que están por encima del valor 0.5 recomendado por Hair et al. (2019), mientras que el criterio de Fornell y Larcker es significativo porque los valores del IVE son superiores al cuadrado de las correlaciones entre cada par de constructos, y el HTMT tiene valores superiores al valor recomendado de 0.08 por Henseler (2018), los cuales indican la existencia de validez discriminante de las cuatro escalas de medida utilizadas.

■ Resultados

Con la finalidad de dar respuesta a las hipótesis planteadas en el modelo de investigación, se usó el PLS-SEM por dos razones principales. En primer lugar, es la técnica estadística recomendada en aquellas teorías que no han sido ampliamente

Tabla 2. Evaluación del modelo de medida

Indicador	Ítem	Carga factorial (p-valor)
Prácticas Lean (PL)		
PL1	Entregamos a nuestros proveedores comentarios sobre la calidad y el rendimiento de la entrega.	0.781 (0.000)
PL2	Nuestros proveedores clave realizan entregas a la planta en forma JIT.	0.807 (0.000)
PL3	Nuestros proveedores clave están muy cerca de nuestra planta.	0.852 (0.000)
PL4	Nuestros clientes nos dan su opinión sobre la calidad y el rendimiento de la entrega.	0.865 (0.000)
PL5	Nuestros clientes participan de forma activa en las ofertas de productos actuales y futuras.	0.858 (0.000)
PL6	Nuestros clientes comparten con frecuencia información sobre la demanda actual y la futura con el departamento de Mercadeo.	0.737 (0.000)
PL7	La producción en la estación depende de la demanda actual de la siguiente estación.	0.776 (0.000)
PL8	Utilizamos un sistema de producción <i>pull</i> .	0.797 (0.000)
PL9	Utilizamos Kanban, cuadros de mando o contenedores de señales para el control de producción.	0.741 (0.000)
Cadena de suministro Lean (CSL)		
CSL1	Nosotros y nuestro principal proveedor contamos con programas de mejora continua.	0.656 (0.000)
CSL2	Nuestro principal proveedor nos entrega en forma JIT.	0.738 (0.000)
CSL3	Nuestro principal proveedor nos entrega con poca antelación.	0.799 (0.000)
CSL4	Podemos depender de la entrega puntual de nuestro principal proveedor.	0.792 (0.000)
CSL5	Nuestro principal proveedor está vinculado a nosotros mediante un sistema <i>pull</i> .	0.656 (0.000)
Rendimiento empresarial (RE)		
RE1	Los beneficios económicos han aumentado.	0.609 (0.000)
RE2	El margen de beneficio ha aumentado.	0.606 (0.000)
RE3	El rendimiento de los activos ha aumentado.	0.747 (0.000)
RE4	El retorno de la inversión ha aumentado.	0.845 (0.000)
RE5	El rendimiento de las ventas ha aumentado.	0.848 (0.000)
RE6	El flujo de caja ha aumentado.	0.773 (0.000)

Fuente: elaboración propia.

desarrolladas en la literatura y en distintos campos del conocimiento (Hair et al., 2021). En segundo lugar, cuando el objetivo primordial del estudio sea la predicción y explicación de los conceptos del modelo de investigación (Ringle et al., 2020), el cual favorece el error de medida de los conceptos analizados y la regresión múltiple de la suma de las puntuaciones de la relación entre las PL, la CSL y el RE de las empresas manufactureras (Hair et al., 2021).

Los resultados del PLS-SEM muestran datos estimados con niveles estadísticos aceptables, al generar valores de la R^2 ajustada superiores al valor recomendado de 0.10 (Hair et al., 2019),

SRMR (0.046) inferior al valor de 0.08 (Hair et al., 2020), discrepancia geodésica (dG) y discrepancia de mínimos cuadrados no ponderados (dULS) (0.316 y 0.988) superiores a los valores obtenidos en HI99 (0.396 y 1.259, respectivamente), los cuales indican que el modelo de investigación tiene un excelente ajuste estadístico de los datos (Sarstedt et al., 2019). En términos generales, los datos estimados en este estudio aportan evidencia empírica robusta que verifica la existencia de una relación positiva significativa entre las PL, la CSL y el RE. La tabla 4 muestra con mayor detalle los resultados obtenidos.

Tabla 3. Modelo de medida de la fiabilidad, validez y validez discriminante

PANEL A. Fiabilidad y validez						
VARIABLES	Alfa de Cronbach	IFC	Dijkstra-Henseler rho	IVE		
Prácticas Lean	0.921	0.942	0.935	0.645		
Cadena de suministro Lean	0.790	0.856	0.792	0.545		
Rendimiento empresarial	0.834	0.880	0.843	0.555		
PANEL B. Criterio de Fornell y Larcker			Heterotrait-Monotrait ratio (HTMT)			
VARIABLES	1	2	3	1	2	3
1. Prácticas Lean	0.803					
2. Cadena de suministro Lean	0.393	0.738		0.455		
3. Rendimiento empresarial	0.511	0.425	0.745	0.581	0.556	

Nota: PANEL B: criterio de Fornell y Larcker: los elementos de la diagonal (en negritas) son la raíz cuadrada de la varianza compartida entre los constructos y sus medidas (AVE). Para la validez discriminante, los elementos diagonales deben ser más grandes que los elementos fuera de la diagonal.

Fuente: elaboración propia.

■ Discusión

Los resultados de este estudio aportan evidencia empírica robusta que soporta su argumento de que la aplicación de las PL, mediante nueve prácticas selectas, es una posible solución para mejorar no solo el nivel del RE, sino también la CSL en las empresas manufactureras de la industria automotriz de México. Estos resultados son similares a los de Shah y Naghi (2017), Farias et al. (2019) y Dieste et al. (2019), quienes encontraron una relación positiva entre las PL y el RE. Por ello, es posible establecer que las PL tienen un papel primordial en la mejora del RE, porque en la medida en que se incorporen las PL en la cadena de suministro y en las actividades de la logística, se incrementará el nivel del RE de las empresas manufactureras.

Además, los resultados permiten establecer que las PL mejoran de modo sustancial la CSL, y son congruentes con los que se hallaron en los estudios de Kumar et al. (2016), Marodin et al. (2016) y Tortorella et al. (2017), quienes encontraron un impacto positivo entre las PL y la CSL. Una de las razones que pueden explicar este resultado es la eliminación de aquellas actividades que no adicionan valor (residuos), tanto en las empresas manufactureras como en las que integran la cadena de proveeduría. Este estudio

también aporta evidencia empírica que demuestra la existencia de un impacto positivo entre la CSL y el RE, estando en línea estos resultados con los obtenidos por Hao et al. (2021), Proença et al. (2022) y Kanchan et al. (2022), los cuales permiten establecer que la CSL no solo mejora el RE, sino también la relación entre las PL y el RE.

Más todavía, este estudio confirma que la implementación de las PL promueve su aplicación en la cadena de suministro, lo cual ayuda a las empresas manufactureras a incrementar bastante su RE. Por ello, la aplicación de las PL no solo permitirá una disminución de las actividades que no general valor (residuos) en la totalidad de la cadena de suministro, sino que también ayudará a las empresas manufactureras a reducir en mucho los costos de los procesos de producción, almacenamiento y distribución de los productos desde el productor al consumidor final, lo cual permitirá obtener un incremento sustancial del nivel del RE.

■ Implicaciones prácticas y limitaciones

Los resultados de este estudio tienen distintas implicaciones prácticas para los gerentes, empresas y la Administración pública, entre las que destacan las siguientes. Desde una pers-

pectiva práctica, la adopción de las PL en todas de las empresas manufactureras de la industria automotriz es inevitable, ya que, por un lado, la presión social global a la que están sometidas las empresas las está orillando a realizar cambios sustanciales en sus sistemas y procesos de producción, de tal manera que les permita adaptarse a las exigencias del mercado global, en particular las empresas manufactureras de México, y por otro lado, el compromiso que han establecido las principales empresas productoras de vehículos con la mejora del ambiente y la mitigación del cambio climático, las cuales están obligando a las empresas que participan en la cadena de proveeduría a adoptar e implementar las PL para continuar como proveedores de las empresas ensambladoras de vehículos, como es el caso de México.

Una segunda implicación práctica derivada de los resultados es que, si consideramos la propuesta de Hao et al. (2021), de la importancia que tiene para todas las empresas manufactureras de la industria automotriz la mejora de los resultados en el nivel del RE, entonces es posible establecer que aplicar las PL les ayudará no solo a incrementar de forma significativa su nivel del RE, sino también a hacer más eficiente la CSL. Sin embargo, para lograr estos resultados los gerentes de las empresas manufactureras tendrán que diseñar e implementar estrategias empresariales que estén alineadas por completo con las políticas de eliminación de las actividades que no generan valor (residuos) en todas las actividades de la cadena de suministro, así como con la correcta selección de los proveedores para que apliquen las PL en sus actividades.

Una tercera implicación práctica emanada de los resultados es que la aplicación de las PL en las empresas manufactureras de la industria automotriz no solo genera una cadena de suministro más Lean, sino también proporciona una mayor eficiencia y flexibilidad a la CSL, las cuales son necesarias en un contexto global caracterizado por el cambio y la variabilidad tecnológica tanto en los sistemas de producción como en la cadena de proveeduría. En este sentido, es recomendable que los gerentes de las empresas consideren la ampliación de las PL en todas aquellas

empresas que participan en la cadena de proveeduría a largo plazo, en particular porque la colaboración a largo plazo que se apoya en ella puede mejorar bastante las capacidades de las empresas manufactureras, de tal modo que les permita responder de manera efectiva y flexible a los cambios y requerimientos que demanda el mercado.

Una cuarta implicación práctica derivada de los resultados es que, desde la perspectiva de la CSL, es recomendable que los directivos de las empresas manufactureras analicen el entorno estratégico en el que operan sus empresas, ya que la elección de la correcta estrategia de la CSL podría determinar el nivel de competitividad y RE de la organización en las circunstancias actuales del mercado global. Por último, una quinta implicación práctica de estos resultados es que estas implicaciones también se pueden aplicar en otros países en vías de desarrollo, donde la transición de la aplicación de las PL esté avanzado de manera similar a México, en particular en Brasil y Argentina, donde las empresas de la industria automotriz crecen bastante, lo cual requiere que la Administración pública genere diversas políticas y programas que apoyen la adopción e implementación de las PL.

Este estudio tiene además diversas limitaciones importantes de considerar cuando se realice una interpretación de los resultados. Una primera limitación es la referente a la muestra utilizada, ya que solo se aplicó la encuesta a las empresas manufactureras de la industria automotriz de México, por lo cual los resultados pueden ser totalmente distintos si se utiliza una muestra de otro país. Una segunda limitación es la realización de un estudio que utilizó datos transversales, por lo cual en el modelo de investigación no se analizaron los efectos temporales de los conceptos analizados; de ahí la importancia de la realización de estudios de caso de éxito o estudios longitudinales que permitan verificar los resultados. Una tercera limitación es que la información recolectada se ha obtenido solo de la opinión de los gerentes de las empresas manufactureras, por lo cual es necesario que en estudios futuros se tenga la opinión de los proveedores para verificar los resultados.

Tabla 4. Modelo estructural

Hipótesis	Coefficiente (Valor-t; Valor-p)	Intervalo de Confianza al 95 %	f ²	Aprobación
PL → RE (H1)	0.339 (6.523; 0.000)	[0.234 - 0.434]	0.141	Sí
PL → CSL (H2)	0.189 (3.217; 0.001)	[0.075 - 0.309]	0.046	Sí
CSL → RE (H3)	0.167 (3.024; 0.003)	[0.057 - 0.271]	0.033	Sí
Efectos Indirectos				
PL → CSL → RE	0.032 (2.123; 0.034)	[0.009 - 0.069]		Sí
Variables endógenas	R² Ajustada	Índices de ajuste	Valor	HI99
		SRMR	0.046	0.052
CSL	0.319	dULS	0.988	1.259
RE	0.350	dG	0.316	0.396

Nota: PL: prácticas Lean; CSL: cadena de suministro Lean; RE: rendimiento empresarial. Valores t unilaterales y valores p entre paréntesis; *bootstrapping* intervalos de confianza del 95 % (basado en n = 5000 submuestras) SRMR: residuo cuadrático medio estandarizado; dULS: discrepancia de mínimos cuadrados no ponderados; dG: discrepancia geodésica; HI99: percentiles del 99 % basados en *bootstrapping*.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones y futuras línea de investigación

En la última década, las PL han sido consideradas como una de las mejores soluciones para mejorar de manera sustancial los procesos organizativos en diversas industrias y sectores de la economía global. Así lo confirman los resultados de este estudio, los cuales permiten establecer las siguientes conclusiones. Por un lado, a pesar de la aplicación exitosa en distintas empresas, industrias y sectores, son escasos los estudios publicados en la literatura que han analizado la aplicación de las PL en la cadena de suministro, por lo que los resultados pueden considerarse no concluyentes y abiertos al debate. En este sentido, es posible concluir que los resultados en el RE derivados de la aplicación de las PL en la cadena de suministro no ocurren de la noche a la mañana en las empresas, pues se requiere tiempo, energía y compromiso total de la alta dirección para hacer realidad los resultados planeados.

Por otro lado, la contribución de este estudio radica en realidad en examinar los impactos potenciales que tienen las nueve prácticas selectas de las PL en la CSL y el RE. Los resultados permiten concluir la existencia de impac-

tos positivos de las PL en la CSL y el RE, por lo que un aumento continuo del RE de parte de las organizaciones podría ser vital, no solo para motivar el cambio y una actitud positiva en la aplicación de las PL en los procesos organizativos, sino también para comprender y adoptar una cultura de PL tanto en las empresas manufactureras como en las que participan en la cadena de proveeduría.

Este estudio también abre la puerta a futuras investigaciones. Por un lado, derivado de los impactos positivos potenciales de las PL en la CSL y el RE, así como de la escasez de estudios empíricos que analizan estos tres constructos en conjunto, aboga por incentivar el análisis en diferentes contextos, industrias, sectores y países que aporten evidencia empírica robusta de esta relación. Por tanto, estudios futuros podrían orientarse a entender cuáles características particulares de la CSL tienen mayor nivel de importancia para aplicar las PL en las empresas manufactureras. Por otro lado, en referencia a la metodología, sería interesante usar otras técnicas estadísticas adicionales al PLS-SEM como, por ejemplo, las redes neuronales, que pueden considerar más información, más variabilidad y más eficiencia de los datos, aun cuando la recopilación de estos tiene un costo mayor.

■ Referencias

- Ait Hammou, I., Oulfarsi, S., & Hebaz, A. (2022). The impact of Lean & green supply chain practices on sustainability: Literature review and conceptual framework. *Logforum*, 18(1), 1-13. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2022.684>.
- Alejandro-Chable, J. D., Salais-Fierro, T. E., Saucedo-Martínez, J. A., & Cedillo-Campos, M. G. (2022). A new Lean logistics management model for the modern supply chain. *Mobile Networks and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11036-022-02018-1>.
- Ali, F. A. (2022). The role of Lean manufacturing in adopting new products application study of a sample of employees of Alittihad Food Industries Co, Ltd. in babil governorate. *World Bulletin of Management and Law*, 8(1), 78-87. <https://scholar-express.net/index.php/wbml/article/view/679>
- Alvarado-Iniesta, A., García-Alcaraz, J. L., & Pérez-Domínguez, L. (2014). Alternatives methodologies for Lean manufacturing: Genetic algorithm. In J. L. García-Alcaraz, A. A. Maldonado-Macías and G. Cortez-Robles (Eds.), *Lean Manufacturing in the developing world: Methodology, case studies, and trends from Latin America* (pp. 407-430). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9_19
- Anand, G., & Kodali, R. (2008). A conceptual framework for Lean supply chain and its implementation. *International Journal of Value Chain Management*, 2(3), 313-357. <https://doi.org/10.1504/IJVC.2008.019517>
- Andreadis, E., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2017). Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: An investigation of managerial factors. *International Journal of Production Research*, 55(23), 7073-7095. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1347302>
- Asmae, M., Abdelali, E. & Brahim, H. (2020, December 2-4). The integration of Lean manufacturing in supply chain: Principles, wastes and tools [Colloquium]. 13th *International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management LOGISTIQUA 2020*, Higher School of Technology, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco.
- Azadegan, A., Patel, P. C., Zangouinezhad, A., & Linderman, K. (2013). The effect of environmental complexity and environmental dynamism on Lean practices. *Journal of Operations Management*, 31(4), 193-212. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2013.03.002>
- Bag, S. (2014). Impact of sustainable supply chain management on organizational performance: Mediating effects of leadership. *Indian Journal of Management Science*, 4(3), 10-25.
- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700>
- Bednarek, M., & Niño-Luna, L. F. (2008). The selected problems of Lean manufacturing implementation in Mexican SMEs. *Proceedings of the International Federation for Information Processing (IFIP)*, 257(1), 239-247. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77249-3_25
- Bhasin, S. (2008). Lean and performance measurement. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(5), 670-684. <https://doi.org/10.1108/17410380810877311>
- Bhasin, S. (2015). *Lean Management Beyond Manufacturing. A Holistic approach*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17410-5>
- Cagliano, R., Caniato, F., & Spina, G. (2006). The linkage between supply chain integration and manufacturing improvement programmes. *International Journal of Operations and Production Management*, 26(3), 282-299. <https://doi.org/10.1108/01443570610646201>
- Chakrabarty, S., & Wang, L. L. (2021). Sensitivity about inventory leanness. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(2), 376-399. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2019-0422>
- Chávez, R., Gimenez, C., Fynes, B., Wiengarten, F., & Yu, W. (2013). Internal Lean practices and operational performance: The contingency perspective of industry clockspeed. *International Journal of Operations and Production Management*, 33(5), 562-588. <https://doi.org/10.1108/01443571311322724>
- Colín-Lozano, H. D., Guerra-Loji, S., Vargas-Alvarado, M. A., Valdés-de la Rosa, L. M., & Vázquez-Hernández, J. (2019, October 23-25). Lean manufacturing maturity model for an automotive cluster: A case study in Mexico [Conference]. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Toronto, Canada.
- Cusumano, M. A., Holweg, M., Howell, J., Netland, T., Shah, R., Shook, J., & Womack, J. (2021). Commentaries on “the lenses of Lean”. *Journal of Operations Management*, 67(5), 627-639. <https://doi.org/10.1002/joom.1138>
- De la Vega, M., Baez-López, Y., Limón-Romero, J., Tlapa, D., Luz-Flores, D., Rodríguez-Borbón, M. I., & Maldonado-Macías, A. A. (2020). Lean manufacturing critical success factors for the transportation equipment manufacturing industry in Mexico. *IEEE Access*, 8(1), 168534-168545. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3023633>
- De Oliveira-Dias, D., Maqueira-Marin, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2022). Lean and agile supply chain strategies: The role of mature and emerging information technologies. *International Journal of Logistics Management*, 33(5), 221-243. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05-2022-0235>

- De Oliveira-Dias, D., Maqueira-Marin, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2023). Implications of using Industry 4.0 base technologies for Lean and agile supply chain and performance. *International Journal of Production Economics*, 262(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108916>
- De Treville, S., & Antonakis, J. (2006). Could Lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational and levels-of-analysis issue. *Journal of Operations Management*, 24(2), 99-123. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.04.001>
- Dieste, M., Panizzolo, R., Garza-Reyes, J. A., & Anosike, A. (2019). The relationship between Lean and environmental performance: Practices and measures. *Journal of Cleaner Production*, 224(1), 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.243>
- Farias, L. M. S., Costa, S. L., Gohr, F. C., Carvalho, O. L., & da Silva, A. M. (2019). Criteria and practices for Lean and green performance assessment: Systematic review and conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 218(1), 746-762. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.042>
- Federico, G. F., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A., & Kumar, V. (2020). Supply chain 4.0: Concepts, maturity, and research agenda. *Supply Chain Management*, 25(2), 262-282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>
- Fisher, M. L. (1997). What is the right supply chain for your product? *Harvard Business Review*, 75(1), 105-117.
- Flores, M., Cabello, A., Torredemer, L., Agrawal, M., Keast, J., Terzi, S., & Opelana, A. (2011). Do enterprises implement a Process Architecture towards Lean in Product Development? A comparative study among large and small firms (pp. 1-9). *Proceedings of the 2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising (ICE 2011)*.
- García-Alcaraz, J. L., Díaz-Reza, J. R., Sánchez-Ramírez, C., Limón-Romero, J., Jiménez-Macías, E., Javierre-Lardies, C., & Rodríguez-Medina, M. A. (2021). Lean manufacturing tools applied to material flow and their impact on economic sustainability. *Sustainability*, 13(1), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su131910599>
- García-Alcaraz, J. L., Morales-García, A. S., Díaz-Reza, J. R., Jiménez-Macías, E., Javierre-Lardies, C., & Blanco-Fernández, J. (2022). Effect of Lean manufacturing tools on sustainability: The case of Mexican maquiladoras. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 39622-39637. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18978-6>
- García-Buendía, N., Moyano-Fuentes, J., & Maqueira-Marin, J. M. (2023). Lean supply chain management and performance relationships: What has been done and what is left to do. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 32(1), 405-423. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2021.01.016>
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of Lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organizations. *International Journal of Production Economics*, 200(1), 170-180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Gutiérrez, L., Lameijer, A. B., Anand, G., Antony, J., & Sunder, M. V. (2022). Beyond efficiency: The role of Lean practices and cultures in developing dynamic capabilities microfoundations. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(13), 506-523. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2022-0086>
- Haddud, A., & Khare, A. (2020). Digitalizing supply chain potential benefits and impact on Lean operations. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(4), 731-765. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2019-0026>
- Hair, J., Hult, T., Ringle, C., Sarstedt, M., Castillo, J., Cepeda, G., & Roldan, J. (2019). *Manual de Partial Least Squares PLS-SEM*. OmniaScience. <http://hdl.handle.net/11420/5279>
- Hair, J. F., Howard, M. C., & Nitzl, C. (2020). Assessing measurement model quality in PLS-SEM using confirmatory composite analysis. *Journal of Business Research*, 109(1), 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.069>
- Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., Gudergan, S. P., Castillo, J., Cepeda, G., & Roldan, J. (2021). *Manual Avanzado de Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*. OmniaScience. <http://hdl.handle.net/11420/9956>
- Hao, Z., Liu, C., & Goh, M. (2021). Determining the effects of Lean production and servitization of manufacturing on sustainable performance. *Sustainable Production and Consumption*, 25(1), 374-389. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.11.018>
- Hebaz, A., Oulfarsi, S., Ait Hammou, I., & Sahib, E. A. (2022). Assessing Lean, green and supply chain's sustainable performance: Perspectives from academy and industry. *IFAC PapersOnLine*, 55(10), 2445-2450. <https://doi.org/10.1016/j.ifaco.2022.10.075>
- Henseler, J. (2018). Partial least squares path modeling: Quo vadis? *Quality and Quantity*, 52(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-0689-6>
- Hernández-Vázquez, J. I., Hernández-González, S., Hernández-Vázquez, J. O., Jiménez-García, J. A., & Baltazar-Flores, M. R. (2021). Production planning through Lean manufacturing and mixed integer linear programming. *Leather and Footwear Journal*, 21(1), 47-62. <https://doi.org/10.24264/lfj.21.1.5>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To pull or not to pull: What is the question? *Manufacturing and Service Operations Management*, 6(2), 133-148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>

- Hopp, W. J., & Spearman, M. S. (2021). The lenses of Lean: Visioning the science and practice of efficiency. *Journal of Operations Management*, 67(5), 610-626. <https://doi.org/10.1002/joom.1115>
- Inman, R. A., & Green, K. W. (2018). Lean and green. Combine to impact environmental and operation performance. *International Journal of Production Research*, 56(14), 4802-4818. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1447705>
- Kanchan, B., Chandan, G., & Aslam, M. (2022). Implications of Lean philosophies in signing supplier, quality agreement: An empirical study. *Materials Today*, 60(3), 335-340. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.169>
- Khanchanapong, T., Prajogo, D., Sohal, A., Cooper, A., Yeung, A., & Cheng, T. C. (2014). The unique and complementary effects of manufacturing technologies and Lean practices on manufacturing operational performance. *International Journal of Production Economics*, 153(1), 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.021>
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the Lean production system. *Sloan Management Review*, 30(1), 41-52.
- Krewjeski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2015). *Operations Management: Processes and Supply Chains* (11th ed.). Pearson Education Limited. <http://41.63.8.17:80/jspui/handle/123456789/29>
- Kumar, B. R., Agarwal, A., & Kumar, S. M. (2016). Lean management: A step towards sustainable green supply chain. *Competitiveness Review*, 26(3), 311-331. <https://doi.org/10.1108/CR-05-2015-0040>
- Lean Enterprise Institute (LEI). (2022). *what is Lean*. <https://www.Lean.org/explore-Lean/what-is-Lean/>.
- Li, S., Subba Rao, S., Ragu-Nathan, T. S., & Ragu-Nathan, B. (2005). Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. *Journal of Operations Management*, 23(6), 618-641. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.01.002>
- Maldonado-Guzmán, G., Pinzón-Castro, S. Y., & Juárez-del Toro, R. (2023). Lean manufacturing is the financial performance and sustainable finance problems solution? *TEC Empresarial*, 17(3), 1-19. <https://doi.org/10.18845/te.v17i3.6846>
- Marodin, G. A., Frank, A. G., Tortorella, G., & Saurin, T. A. (2016). Contextual factors and Lean production implementation in the Brazilian automotive supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(2), 417-432. <https://doi.org/10.1108/SCM-05-2015-0170>
- Martínez-Martínez, A. (2021). Implementation of Lean manufacturing through the reconstruction of its trajectory: An experience of an auto parts company in Mexico. *Análisis Económico*, 36(93), 99-118. <https://doi.org/10.24275/uam/azc/dcsh/ae/2021v36n93/martinez>
- Mitchell, C., & Moreno, M. (2005). Lean manufacturing: A case study. *SMT-Surface Mount Technology-Tulsa*, 19(5), 59-60.
- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L., & Ueltschy, M. (2010). Green, Lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 40(1/2), 14-41. <https://doi.org/10.1108/09600031011018028>
- Monge, C., Cruz, J., & López, F. (2013). Impacto de la manufactura esbelta, manufactura sustentable y mejora continua en la eficiencia operacional y responsabilidad ambiental en México. *Información Tecnológica*, 24(4), 15-32. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000400003>
- Moyano-Fuentes, J., Maqueira-Marin, J. M., Martínez-Jurado, P. J., & Sacristán-Díaz, M. (2021). Extending Lean management along the supply chain: Impact on efficiency. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(1), 63-84. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0388>
- Narashiman, R., Swink, M., & Kim, S. W. (2006). Disentangling leanness and agility: An empirical investigation. *Journal of Operation Management*, 24(5), 440-457. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.11.011>
- Negrao, L. L. L., Jabbour, A. B. L. S., Latan, H., Filho, M. G., Jabbour, C. J. C., & Ganga, G. M. D. (2020). Lean manufacturing and business performance: Testing the S-curve theory. *Production Planning & Control*, 31(10), 771-785. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1683775>
- Niño-Luna, L. F. (2010, June 3-6). The effect of variation in production processes for Lean manufacturing [conference]. *Proceedings Annual Conference of Institute of Industrial Engineers (IIE)*, London, UK,
- Pathmalatha, K. M. (2021). Influence of lean-green practices on organizational sustainable performance. *Journal of Asian Business and Economic Studies*, 28(2), 121-142.
- Pazos, P., Canto, A. M., & Powell, A. (2009, May 20-23). The impact of social system factors on sustainability of Lean manufacturing: The case of the US and Mexico [conference] *30th Annual National Conference of the American Society for Engineering Management*, New York, USA.,
- Pérez-Pucheta, C. E., Olivares-Benitez, E., Monor-Popocatl, H., Pacheco-García, P. F., & Pérez-Pucheta, M. F. (2019). Implementation of Lean manufacturing to reduce the delivery time of a replacement part to dealers: A case study. *Applied Sciences*, 9(1), 1-23. <https://doi.org/10.3390/app9183932>
- Pflaum, A., Prockl, G., Bodendorf, F., & Chen, H. (2018, April 5-8). The digital supply chain of the future: Technologies, applications, and business models [conference]. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA..

- Powell, D. J., & Coughlan, P. (2020). Rethinking Lean supplier development as a learning system. *International Journal of Operations and Production Management*, 40(7/8), 921-943. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-06-2019-0486>
- Proença, A. P., Gaspar, P. D., & Lima, T. M. (2022). Lean organization techniques for improvement of production flows and logistics management: The case study of a fruit's distribution center. *Processes*, 10(1), 1-22. <https://doi.org/10.3390/pr10071384>
- Putnik, G. D., & Putnik, Z. (2012). Lean vs agile in the context of complexity management in organizations. *The Learning Organization*, 19(3), 248-266. <https://doi.org/10.1108/09696471211220046>
- Qamar, A., Hall, M. A., & Collinson, S. (2018). Lean versus agile production: Flexibility trade-offs within the automotive supply chain. *International Journal of Production Research*, 56(11), 3974-3993. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1463109>
- Raji, I. O., Shevtshenko, E., Rossi, T., & Strozzi, F. (2021). Industry 4.0 technologies as enablers of Lean and agile supply chain strategies: An exploratory investigation. *International Journal of Logistics Management*, 32(4), 1150-1189. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2020-0157>
- Ribeiro, T. B. A., Ferreira, L. M. D., Magalhaes, V. S., & Garrido, S. (2022). Analysis of the impact of Lean and green practices in manufacturing companies: An exploratory study. *IFAC PaperOnLine*, 55(10), 2419-2424. <https://doi.org/10.1016/j.ifaco.2022.10.071>
- Ringle, C. M., Sarstedt, M., Mitchell, R., & Gudergan, S. P. (2020). Partial least squares structural equation modeling in HRM research. *The International Journal of Human Resource Management*, 31(12), 1617-1643. <https://doi.org/10.1080/09585192.2017.1416655>
- Ringle, C. M., Wende, S., & Becker, J. M. (2022). *SmartPLS 4 (computer software)*. <http://www.smartpls.com>.
- Rodrigues, H. S., Alves, W., & Silva, A. (2020). The impact of Lean and green practices on logistics performance: A structural equation modelling. *Production*, 30(1), 1-14. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20190072>
- Rossini, M., Powell, J. D., & Kundu, K. (2023). Lean supply chain management and industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 14(2), 253-273. DOI 10.1108/IJLSS-05-2021-0092
- Sarstedt, M., Hair, J. F. Jr, Cheah, J. H., Becker, J. M., & Ringle, C. M. (2019). How to specify, estimate, and validate higher-order constructs in PLS-SEM. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*, 27(3), 197-211. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2019.05.003>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Shah, R., & Ward, T. (2007). Defining and developing measures of Lean production. *Journal of Operation Management*, 24(4), 3-24. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shah, S. R., & Naghi, G. E. (2017). Lean production and supply chain innovation in baked foods supplier to improve performance. *British Food Journal*, 119(11), 2421-2447. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2017-0122>
- Singh, R. K., Kumar, M. S., Shing, B. M., & Luthra, S. (2021). Integration of green and Lean practices for sustainable business management. *Business Strategy and the Environment*, 31(1), 353-370. <https://doi.org/10.1002/bse.2897>
- Socconini, L. (2019). *Lean Company: más allá de la manufactura*. Marge Books.
- Soni, G., & Kodali, R. (2012). Evaluating reliability and validity of Lean, agile and leagile supply chain constructs in Indian manufacturing industry. *Production Planning & Control*, 23(10/11), 864-884. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.642207>
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard Business Review*, 77(1), 96-108.
- Tortorella, G. L., Miorando, R., & Marodin, C. A. (2017). Lean supply chain management: Empirical research on practice, context, and performance. *International Journal of Production Economics*, 193(1), 98-112. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.07.006>
- Tortorella, G. L., Giglio, R., Fettermann, D. C., & Tlapa, D. (2018a). Lean supply chain practices: An exploratory study on their relationship. *International Journal of Logistics Management*, 29(3), 1049-1076. <https://doi.org/10.1108/IJLM-06-2017-0141>
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & Limon-Romero, J. (2018b). Supply chain performance: How Lean practices efficiently drive improvements. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(5), 829-845. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2017-0194>
- Von Haartman, R., Bengtsson, L., & Niss, C. (2016, June 17-22). Lean practices as requisites for the use of digital technology in production [conference]. *EurOMA 2016 Interactions*, Trondheim, Norway.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1994). From Lean production to the Lean enterprise. *Harvard Business Review*, 93-103.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon and Schuster.

- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991). *The machine that changed the world: The story of Lean production*. Taylor & Francis.
- Wu, I. L., Chuang, C. H., & Hsu, C. H. (2014). Information sharing and collaborative behaviors in enabling supply chain performance: A social exchange perspective. *International Journal of Production Economics*, 148(1), 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.09.016>