

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MEXICALI**  
**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**“EVALUACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO  
SUSTENTABLE EN EMPRESAS AGRÍCOLAS”**

**T E S I S**

**QUE PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS**

**ESTEFANÍA DOMINIQUE VILLAGRANA HERNÁNDEZ**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. MILDREND IVETT MONTOYA REYES**

**CODIRECTORA DE TESIS:**

**DRA. OLIVIA YESSENIA VARGAS BERNAL**

**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA A 24 DE ENERO DE 2025.**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero dedicar un especial agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi mayor apoyo a lo largo de este camino. Su amor incondicional, motivación y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este logro. Gracias por creer en mí, por enseñarme la importancia de la perseverancia y por estar siempre a mi lado en cada paso. Este trabajo es también un reflejo de su dedicación y amor. ¡Los quiero mucho!

A mis hermanos menores. Siempre he intentado ser un ejemplo a seguir y espero haberles inspirado a perseguir sus propias metas y sueños. Su energía y entusiasmo me motivan constantemente, y estoy muy orgullosa de cada uno de ustedes. Gracias por su amor, apoyo y por recordarme la importancia de la curiosidad y la alegría en cada paso del camino. ¡Sigán brillando y nunca dejen de soñar!

A mi pareja, cuyo apoyo ha sido fundamental en este viaje. Gracias por estar siempre a mi lado, por tus palabras motivadoras y por animarme a seguir adelante en los momentos más desafiantes. Tu confianza en mí y tus porras incondicionales me han motivado a dar lo mejor de mí. No solo has sido un gran apoyo emocional, sino también una fuente constante de inspiración.

A mi muy especial mejor amiga Christian Cisneros, con quien he tenido el privilegio de compartir este proceso. Hacer la maestría a la par ha sido una experiencia única, y no puedo expresar lo agradecida que estoy por tu apoyo incondicional. Siempre has estado ahí, ofreciendo tus palabras de aliento en los momentos difíciles y compartiendo risas en los buenos momentos. Tu capacidad para motivarme y brindarme el ánimo que necesito ha sido fundamental en esta etapa. Estoy feliz de haber recorrido este camino contigo y valoro profundamente nuestra amistad.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi directora de tesis la Dra. Mildrend Montoya, mi codirectora la Dra. Olivia Vargas, y a la Dra. Gabriela Jacobo, quienes han sido pilares fundamentales en mi formación académica y personal. Desde el primer día, su dedicación y

compromiso con mi aprendizaje han dejado una huella imborrable en mi vida. Gracias por compartir su vasto conocimiento y por su constante apoyo en cada desafío que se me ha presentado. Siempre han estado disponibles para ofrecer su ayuda, lo cual ha sido invaluable en mi trayectoria. Cada una de ustedes ha contribuido de manera significativa a mi crecimiento, no solo como estudiante, sino también como persona. Su capacidad para inspirar y motivar a sus alumnos es verdaderamente admirable, y me siento afortunada de haber tenido la oportunidad de aprender de ustedes. Su orientación y enseñanzas han sido faros que me han guiado en este camino, y por ello les estoy eternamente agradecida. Espero poder llevar sus enseñanzas conmigo y transmitir ese mismo compromiso a futuras generaciones.

Mi más sincero agradecimiento a mis sinodales Dr. Ismael Mendoza Muñoz y Dra. Judith Marisela Paz Delgadillo, por su tiempo, dedicación y valiosas observaciones durante el proceso de evaluación de esta tesis. Sus comentarios y sugerencias me han permitido enriquecer y mejorar mi trabajo, y su apoyo ha sido fundamental para la realización de este proyecto. Agradezco profundamente su compromiso con el desarrollo académico y su disposición para brindarme su experiencia y conocimientos.

A la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), mi alma mater, por fomentar en mí el amor por el conocimiento y la curiosidad intelectual. Estoy orgullosa de ser parte de esta gran institución y llevar siempre su legado en mi corazón.

Valoro profundamente el compromiso de Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) con la educación y su esfuerzo por fomentar la investigación en México. Gracias a su respaldo, he tenido acceso a recursos y experiencias que han enriquecido mi formación y ampliado mis perspectivas profesionales (CVU: 1189260).

Me siento privilegiada de ser parte de la comunidad de estudiantes beneficiados, y su contribución resalta el esfuerzo por apoyar el talento joven en nuestro país.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	6
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	8
<b>RESUMEN</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	11
1.1 Planteamiento del problema .....	11
1.2 Justificación .....	14
1.3 Hipótesis .....	16
1.4 Objetivo general y específicos .....	17
1.4.1 Objetivos específicos .....	17
<b>CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE</b> .....	18
2.1 MESMIS .....	18
2.2 Sus-VSM .....	21
2.3 Cadena de Suministro Agrícola .....	23
<b>CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO</b> .....	25
3.1 Historia e importancia de la agricultura .....	25
3.1.1 Agricultura en Latinoamérica .....	26
3.1.2 Agricultura en México .....	29
3.2 Sustentabilidad .....	30
3.2.1 Sustentabilidad en la agricultura .....	31
3.2.2 Sustentabilidad económica en la agricultura .....	33
3.2.3 Sustentabilidad social en la agricultura .....	35
3.2.4 Sustentabilidad ambiental en la agricultura .....	36
3.2.5 VSM en la agricultura .....	38
3.2.6 Beneficios y limitaciones del uso del Mapeo del Flujo de Valor .....	38
3.3 Manufactura Esbelta .....	40
3.3.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta .....	41
3.4 Prácticas sustentables .....	43
3.5 Metodología Sus-VSM (Sustainable Value Stream Mapping) .....	45
3.6 MESMIS .....	48
3.6.1 Indicadores de las tres dimensiones sustentables .....	54

3.7 Instrumento de medición .....	58
3.7.1 Método Lawshe.....	59
3.7.2 Alfa de Cronbach.....	62
3.8 Análisis de Componentes Principales .....	63
<b>CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>64</b>
4.1. <i>Identificación de Prácticas Sustentables</i> .....	65
4.2. <i>Diseño del Instrumento</i> .....	65
4.3. <i>Validación del Instrumento</i> .....	65
4.4. <i>Aplicación del Instrumento</i> .....	66
4.5. <i>Análisis de Resultados</i> .....	66
4.6. <i>Establecer Propuestas de Mejora</i> .....	66
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
5.1 Identificación de Prácticas Sustentables.....	67
5.2 Diseño del Instrumento .....	67
5.3 Validación del Instrumento.....	73
5.4 Aplicación del Instrumento.....	77
5.5 Análisis de Resultados.....	77
5.6 Establecer Propuestas de Mejora .....	111
<b>CAPÍTULO 6. CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>114</b>
<b>CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN .....</b>	<b>129</b>
Fortalecimiento del Abastecimiento Sustentable.....	129
Mejoras en Logística y Transporte .....	130
Fomento de la Colaboración con Clientes .....	130
Eficiencia Operativa y Gestión de Recursos.....	130
Optimización en Manufactura .....	130
Monitoreo y Reporte .....	131
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>135</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>138</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>150</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre las metodologías MESMIS y Sus-VSM. ....	22
Tabla 2. Atributos de los indicadores de MESMIS vs Sus-VSM.....	22
Tabla 3. Cantidad de jueces y su CVR. ....	61
Tabla 4. Valores utilizados para cada respuesta.....	63
Tabla 5. Indicadores críticos por dimensión. ....	68
Tabla 6. Origen de los ítems de la sección Prácticas de la sustentabilidad. ....	72
Tabla 7. Origen de los ítems de las Prácticas Sustentables de la Cadena de Suministro. ....	73
Tabla 8. Escala de la evaluación por expertos. ....	74
Tabla 9. Resultados de la valoración de expertos.....	75
Tabla 10. Estadísticos de fiabilidad del constructo por eslabón en la muestra.....	76
Tabla 11. Estadístico de fiabilidad del constructo por dimensión en la muestra.....	76
Tabla 12. Estadístico de fiabilidad en el constructo por dimensión de la población.....	78
Tabla 13. Estadístico de fiabilidad en el constructo por eslabón de la población.....	79
Tabla 14. Varianza total explicada por dimensiones de la sustentabilidad. Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. ....	80
Tabla 15. Matriz de componentes rotados por dimensiones de la sustentabilidad. Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. ....	81
Tabla 16. Matriz de componentes rotados por dimensiones de la sustentabilidad. Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. ....	82
Tabla 17. Código de Colores.....	86
Tabla 18. Respuestas de la sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial.....	88
Tabla 19. Respuestas del enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable. ....	89
Tabla 20. Respuestas de la sustentabilidad y responsabilidad social empresarial.....	90
Tabla 21. Respuestas de la participación y el bienestar del empleado. ....	90
Tabla 22. Respuestas de la gestión sustentable de recursos y la economía circular. ....	91
Tabla 23. Resultados de la gestión del riesgo económico y la optimización de recursos. ....	92
Tabla 24. Varianza total explicada por los eslabones de la cadena de suministro. Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. ....	93
Tabla 25. Matriz de componentes rotados por eslabones de la cadena de suministro. Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.....	94
Tabla 26. Matriz de componentes rotados por eslabones de la cadena de suministro. Método de extracción: Análisis de Componentes Principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.....	95
Tabla 27. Resultados de las prácticas sustentables en el abastecimiento. ....	100
Tabla 28. Resultados de la sustentabilidad en la logística y el transporte. ....	101
Tabla 29. Resultados de la colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad. ....	102
Tabla 30. Resultados de la eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos.....	103
Tabla 31. Resultados de la optimización de procesos y recursos en la manufactura.....	104
Tabla 32. Número de ítems por constructo, y su promedio ponderado. ....	109
Tabla 33. Resultados ponderados y calificación de sustentabilidad.....	110

Tabla 34. Resultados del constructo D1.....	116
Tabla 35. Resultados del constructo D2.....	117
Tabla 36. Resultados del constructo D3.....	117
Tabla 37. Resultados del constructo D4.....	118
Tabla 38. Resultados del constructo D5.....	119
Tabla 39. Resultados del constructo D6.....	120
Tabla 40. Resultados del constructo E1.....	121
Tabla 41. Resultados del constructo E2.....	122
Tabla 42. Resultados del constructo E3.....	123
Tabla 43. Resultados del constructo E4.....	124
Tabla 44. Resultados del constructo E5.....	125
Tabla 45. Resultados de dimensiones y eslabones totales del caso de estudio.....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Índice de producción per cápita de la agricultura. ....	15
Figura 2. Cantidad de casos de estudio MESMIS en América. ....	19
Figura 3. Limitantes del VSM. ....	39
Figura 4. Principales prácticas sustentables que generan valor a las organizaciones agrícolas. ....	44
Figura 5. Principios de una agricultura sustentable. ....	45
Figura 6. Los cuatro componentes metodológicos del programa MESMIS. ....	51
Figura 7. Atributos básicos de la sustentabilidad. ....	52
Figura 8. Características de los indicadores. ....	55
Figura 9. Metodología para evaluar la CSS en empresa agrícola. ....	64
Figura 10. Modelo del Instrumento. ....	68
Figura 11. Porcentaje de encuestados y sus años de experiencia laboral. ....	78
Figura 12. Nuevos constructos de las dimensiones de la sustentabilidad. ....	85
Figura 13. Nuevos constructos de los eslabones de la cadena de suministro. ....	98

## RESUMEN

Dentro de la industria agrícola, la sustentabilidad toma cada vez más importancia. En este estudio se evaluó la cadena de suministro de las empresas agrícolas del Valle de Mexicali desde una perspectiva de sustentabilidad.

En el estudio, se elaboró un instrumento de evaluación basado en un conjunto de indicadores que permiten medir el desempeño ambiental, social y económico de la cadena de suministro dentro de las empresas agrícolas. Este instrumento fue evaluado por expertos, validado y aplicado a diversas empresas agrícolas ubicadas en la región del Valle de Mexicali, con el fin de obtener datos específicos que permitieran evaluar el nivel de sustentabilidad en sus operaciones.

A través de los resultados obtenidos, se alcanzaron 86 encuestas aplicadas al personal tanto administrativo como operativo, se identificaron áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia operativa, reducir el impacto ambiental y fomentar la integración de prácticas sustentables en la estrategia empresarial.

El estudio proporciona una herramienta válida para medir la sustentabilidad en las empresas agrícolas y ofrece un camino hacia la mejora continua, al mismo tiempo que promueve un cambio en las prácticas de gestión hacia un futuro más sostenible para el sector. Estas estrategias incluyen la adopción de tecnologías limpias, la implementación de programas de capacitación, la mejora en la gestión de residuos y la promoción de una mayor colaboración con los actores de la cadena de suministro.

## ABSTRACT

Within the agricultural industry, sustainability is becoming increasingly important. In this study, the supply chain of agricultural companies in the Mexicali Valley was evaluated from a sustainability perspective.

In the study, an evaluation instrument was developed based on a set of indicators that allow measuring the environmental, social and economic performance of the supply chain within agricultural companies. This instrument was evaluated by experts, validated and applied to various agricultural companies located in the Mexicali Valley region, in order to obtain specific data that would allow evaluating the level of sustainability in their operations.

Through the results obtained, 86 surveys were applied to both administrative and operational personnel, areas of opportunity were identified to improve operational efficiency, reduce environmental impact and promote the integration of sustainable practices in the business strategy.

The study provides a valid tool to measure sustainability in agricultural businesses and offers a path towards continuous improvement, while promoting a change in management practices towards a more sustainable future for the sector. These strategies include adopting clean technologies, implementing training programs, improving waste management, and promoting greater collaboration with supply chain actors.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tomó en cuenta la industria agrícola del Valle de Mexicali, debido a que este giro ha estado fuera del foco de atención durante gran parte de su evolución. Los problemas ambientales hoy en día son cada vez más dañinos e irreversibles. A través del texto se establece el planteamiento del problema, justificación, hipótesis y objetivos, a seguir para comparar dos diferentes metodologías para evaluar, desarrollar y mejorar la sustentabilidad de su naturaleza y así disminuir el impacto ambiental, mejorar las condiciones sociales de los trabajadores y comunidades locales, y optimizar la eficiencia económica en el proceso agroalimentario.

### 1.1 Planteamiento del problema

Cada vez es más difícil ignorar que existen problemas ambientales globales y locales. Dentro de los ambientales globales, el cambio climático se posiciona como el problema principal, de éste se derivan innumerables amenazas para la sociedad ya que puede afectar la calidad de vida, la economía mundial y poner en peligro la existencia de la especie humana [1].

Los medios de comunicación locales, como los periódicos, la radio y la televisión, así como los globales, como internet, informan sobre los principales eventos relacionados con los problemas ambientales y sociales causados por las actividades industriales y agrícolas en las ciudades. Aunque estos medios ofrecen información actualizada, esta puede no ser suficiente para generar en la población una comprensión adecuada y racional de dichos problemas. [2].

Para proponer acciones y proyectos que mitiguen los problemas ambientales y sus impactos, es fundamental contar con la participación de una sociedad informada, consciente y organizada. En este contexto, la agricultura es vista como un elemento esencial para la alimentación humana, siendo la actividad productiva que ha permitido la supervivencia del ser humano. Actualmente, se ha logrado el desafío de aumentar la producción agrícola para satisfacer la demanda alimentaria tanto a nivel local como global, lo cual se refleja en los cambios en los sistemas de

producción y la comercialización, impulsados por la apertura comercial y la incorporación de tecnologías que han hecho la agricultura más industrializada. [2].

En el presente, la agricultura enfrenta diversos desafíos para avanzar hacia la sustentabilidad, debido a la creciente demanda de alimentos, la presión por aumentar la productividad y el cumplimiento de las normativas locales, nacionales e incluso globales. Esto lleva a los agricultores a centrarse más en la eficiencia y el rendimiento de sus cosechas, en lugar de reflexionar sobre los métodos de producción utilizados. [3], [4].

La industrialización de la agricultura desempeña un papel importante debido a sus resultados positivos en cuanto a seguridad alimentaria. Sin embargo, estos rápidos cambios están teniendo un grave efecto como la erosión de los suelos de uso agrícola, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, contaminación de agua, suelo y aire y sus riesgos a la salud humana, entre otros. En consecuencia, ahora se busca dirigir a la agricultura hacia una producción sustentable, encontrar la manera que esta actividad económica disminuya los impactos ambientales y sociales que ocasiona, a la vez que sea económicamente viable. Es decir, convertir la agricultura industrializada, en agricultura sustentable [5], [6].

En este sentido, el desarrollo sustentable garantiza la producción agrícola de las generaciones presentes, sin arriesgar la disponibilidad de los recursos naturales para la producción de alimentos de las generaciones futuras [7].

El proyecto de investigación se centró en el Valle de Mexicali, situado en el noroeste de México, dentro del Distrito de Desarrollo Rural 002 y el Distrito de Riego 014, en la zona fronteriza conocida como Delta del Río Colorado. Este valle abarca una extensión de tierra potencialmente cultivable que supera las 270,000 hectáreas, las cuales son utilizadas para la agricultura de riego, abastecida por las aguas del Río Colorado y los acuíferos locales. Debido a la extensión de su superficie cultivada, el valle ocupa el cuarto lugar en importancia a nivel nacional. [8].

Una de las características más destacadas de este valle es su proximidad a Estados Unidos, lo cual constituye una de las ventajas competitivas que favorecen a esta región agrícola. A esta ventaja se agregan otros factores como la disponibilidad de mano de obra económica, la viabilidad para adoptar tecnologías avanzadas, el acceso a insumos de alta calidad provenientes del país vecino, la disponibilidad de recursos hídricos, la orientación agrícola característica del valle, la capacidad para mantener cosechas continuas durante todo el año, así como el cumplimiento de rigurosos estándares de calidad y sanidad. Estos elementos han permitido que los agricultores de la región se mantengan presentes en el mercado internacional durante más de 30 años. Dichas ventajas son el resultado de una combinación de factores geográficos, sociales, ambientales y económicos que, en conjunto, hacen que la región sea especialmente atractiva para los mercados globales. [9].

El clima predominante es semidesértico, es decir, que tiene la característica de ser seco y extremoso, lo cual genera dificultad en el manejo y transporte de los productos perecederos. En verano (junio-septiembre), se observa una temperatura promedio de 40°C llegando a alcanzar una temperatura máxima de 50°C; mientras que en invierno (diciembre-marzo) la temperatura media anual es de 15°C, descendiendo hasta una temperatura extrema mínima de 1°C. Con respecto a la precipitación, por contar con este tipo de clima, difícilmente se presentan precipitaciones en el transcurso del año, por lo que en promedio alcanza los 14.7 ml promedio anual [10].

En la actualidad, en todo el mundo, más del 80 % de la tierra que es apta para cultivos ya está en uso y en los últimos años se han perdido alrededor del 15 % de las tierras aptas para la agricultura debido a malas prácticas agrícolas [11].

En México, de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el 77% del agua utilizada en el país se destina a la agricultura. La disponibilidad de agua en la mayoría de las regiones del centro y norte del país se ha vuelto limitada, ya que una parte significativa del territorio nacional

se clasifica como tierras secas, con una ocurrencia irregular de lluvias. Es precisamente en estas regiones donde se ha registrado un mayor aumento en la población y en las actividades productivas. La superficie dedicada a la agricultura en México abarca aproximadamente 21 millones de hectáreas, lo que representa el 10.6% del territorio nacional. De esta área, 6.5 millones de hectáreas corresponden a tierras de riego, mientras que 14.5 millones son de temporal. La productividad de las zonas de riego es, en promedio, 3.7 veces superior a la de las tierras de temporal, y a pesar de que su extensión es considerablemente menor, la agricultura de riego contribuye con más de la mitad de la producción agrícola nacional. [11].

La vida del producto tiene un papel crucial para determinar si el producto debe venderse en el mercado local o de exportación. El producto fresco debe dividirse en "make-to-order" (fabricación por pedido) y "make-to-stock" (fabricación para hacer inventario), esta clasificación ayudará al vendedor a determinar cuál debe ser para suministrar el mercado local o mercado de exportación [12]. En este caso, el trabajo abarca ambas metodologías.

Esta investigación evaluó la cadena de suministro de empresas exportadoras de productos perecederos, desde un enfoque sustentable, que surge de la necesidad de adoptar prácticas benéficas para el medio ambiente, social y económico en la producción de alimentos derivados de actividades agrícolas. Por lo tanto, la pregunta de investigación es ¿qué tan sustentable es la cadena de suministro en empresas agrícolas de Mexicali y su valle?

## 1.2 Justificación

Muchos investigadores han discutido diversas problemáticas tanto sociales y económicas como ambientales, pero muy pocas de ellas se han realizado desde un enfoque integrador como lo presenta la sustentabilidad agrícola. Los estudios presentados hasta ahora proporcionan evidencia de que hay poca investigación sobre agro alimentos perecederos en comparación con los no perecederos. Sin embargo, dada la creciente importancia económica de los productos

agroalimentarios perecederos y el renovado interés por la seguridad alimentaria, se espera que las investigaciones en esta área aumenten en un futuro próximo [13].

Algunos ejemplos de indicadores de productividad dentro de la cadena de suministro pueden incluir el número de cajas manejadas por cada trabajador, la cantidad de pedidos procesados por empleado, el número de órdenes recibidas y la cantidad de unidades almacenadas por metro cuadrado. [14].

El sector agrícola como parte del sector primario, provee de alimentos y materias primas a la economía, y corresponde al primer grupo del sistema de cuentas nacionales a nivel macroeconómico [15].

En la figura 1 se observa como el papel del continente americano va en ascenso en producción per cápita a través de la década 2010-2019 quedando por debajo solo del continente asiático.

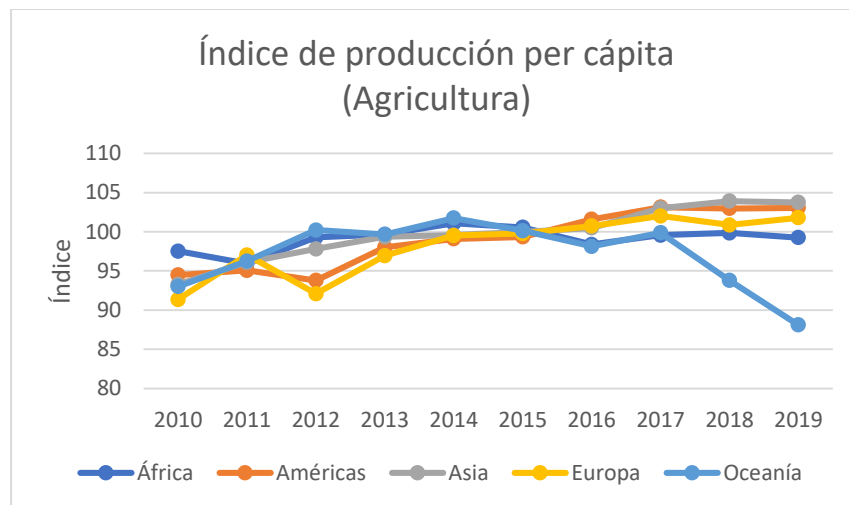


Figura 1. Índice de producción per cápita de la agricultura.

La figura 1, demuestra la importancia que se le debe dar al sector agrícola no solo en producción, sino también en el campo de la sustentabilidad, investigación científica, innovación y tecnología.

La agricultura en México ha recibido considerable atención desde que es un sector en crecimiento y transformación. Las exportaciones agrícolas mexicanas son el sector más dinámico de las exportaciones. La agricultura ha representado un superávit creciente para México desde 2014. En 2018, el superávit de la balanza agroalimentaria equivalió a 90 % del superávit total de la balanza comercial mexicana. Además, el crecimiento de las exportaciones agrícolas en 2019 fue de 10 %, cuando el crecimiento de las exportaciones manufactureras fue de cero. En 2019 se cerró el año con un superávit de 9.1 millones de dólares. Así, la agricultura de exportación explica significativamente la dinámica de las exportaciones en general, y del superávit en particular [16].

En la actualidad, las grandes, medianas y pequeñas empresas desarrollan un creciente interés por optimizar sus operaciones logísticas mediante metodologías basadas en investigaciones para obtener mejores resultados en la trazabilidad del manejo de la mercancía, con el objetivo de minimizar los tiempos y costos ofreciendo un mejor servicio a sus clientes, es decir a través de una gestión de la Cadena de Suministro Sustentable. Metodológicamente, esta investigación comparó dos diferentes metodologías sustentables, el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) y Mapa de Flujo de Valor Sustentable (Sus-VSM, por sus siglas en inglés Sustainable Value Stream Mapping) las cuales pueden servir de modelo en dicha gestión a través de la aplicación en una empresa agrícola del Valle de Mexicali para evaluar la sustentabilidad, lo cual constituye un significativo aporte al sector agrícola.

### 1.3 Hipótesis

La aplicación de una herramienta de evaluación ayuda a las empresas agrícolas a identificar su nivel de compromiso en las dimensiones de sustentabilidad y en los eslabones de la cadena de suministro para mejorar su competitividad.

## 1.4 Objetivo general y específicos

Evaluar la cadena de suministro de las empresas agrícolas del Valle de Mexicali desde una perspectiva de sustentabilidad, identificando los eslabones críticos para desarrollar propuestas de mejora orientado a incrementar su competitividad.

### 1.4.1 Objetivos específicos

- Analizar e identificar las prácticas sustentables en el ámbito económico, social y ambiental presentes en la cadena de suministro del sector agrícola.
- Desarrollar una herramienta de evaluación con validez que permita medir el nivel de sustentabilidad en la cadena de suministro de las empresas agrícolas del Valle de Mexicali.
- Hacer recomendaciones generales de mejora para las empresas agrícolas en cada uno de los ámbitos.

## CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo busca contextualizar los fundamentos teóricos que sustentan la investigación y proporcionar una base sólida para el desarrollo de propuestas y soluciones en el ámbito de la sostenibilidad y eficiencia en las cadenas de suministro.

### 2.1 MESMIS

El concepto de sostenibilidad en los sistemas de producción agropecuaria y en la gestión de recursos naturales ha ganado relevancia en las últimas décadas, especialmente en un contexto de creciente presión sobre el medio ambiente y la necesidad de garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo. En este sentido, la metodología del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) se presenta como una herramienta clave para evaluar de manera integral y multidimensional la sostenibilidad de diferentes prácticas y modelos productivos.

El proyecto MESMIS es una iniciativa de investigadores y profesionales de diversas áreas, enfocada en desarrollar herramientas para evaluar la sustentabilidad en sistemas de manejo de recursos naturales. Su principal objetivo es crear y aplicar el MESMIS en estudios de caso en el sector rural, particularmente en el ámbito campesino de Latinoamérica. Además, busca capacitar a individuos y organizaciones en la evaluación de sustentabilidad y formar recursos humanos a través de programas universitarios. Para garantizar la aplicabilidad de los desarrollos teóricos en la resolución de problemas concretos, el proyecto se basa en cuatro tareas clave: investigar, capacitar, aplicar y documentar [17].

Desde su primera edición en 1999, el proyecto MESMIS ha brindado diferentes frutos, en la figura 2 se encuentran graficadas las cantidades de proyectos MESMIS implementados en los países:

- Más de 60 estudios de caso, principalmente de Latinoamérica, pero también de Brasil, España, Portugal y Estados Unidos.

- Más de 30 publicaciones entre artículos y libros arbitrados, manuales, artículos de divulgación y documentos de apoyo.
- Impartición de más de 40 cursos, talleres y seminarios en Latinoamérica.
- Participación en 15 programas de licenciatura y posgrado en Iberoamérica.
- Más de 500 referencias nacionales e internacionales sobre sustentabilidad sistematizadas en la base de datos “SUSTENTA”.
- Colaboración con grupos de trabajo internacionales, incluyendo el proyecto Marco para la evaluación de la gestión sostenible de las tierras (FESLM, por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés).
- Desarrollo de MESMIS Interactivo, un programa de simulación didáctico, amigable e interactivo acerca de la aplicación del marco MESMIS [18].

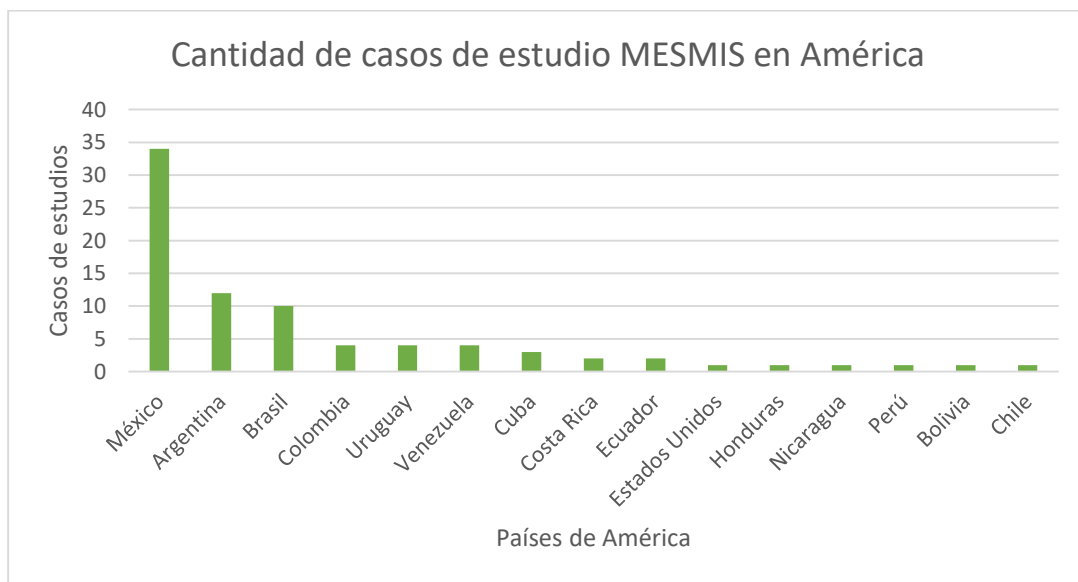


Figura 2. Cantidad de casos de estudio MESMIS en América.

Los sistemas mayormente analizados son los agro-silvo-pastoriles seguidos por los agrícolas intensivos y los agro-pastoriles. Para más de la mitad de los casos el principal objetivo de la producción es la subsistencia, aunque 32 % de éstos comercializan sus productos [19].

Un ejemplo de la aplicación del método MESMIS, fue para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de agricultura familiar en el cantón Penipe, Ecuador, en donde se identificó que la agricultura especializada obtuvo el puntaje más alto, la agricultura diversificada se valoró como moderadamente sostenible y la agricultura de subsistencia fue calificada como insostenible. Se encontró que hay algunos aspectos que limitan a las fincas para ser consideradas como sistemas sustentables, identificando los atributos a mejorar. Esta evaluación responde a un proceso cíclico que, al integrar efectivamente la evaluación en el proceso de toma de decisiones, mejora la probabilidad de éxito en el diseño de alternativas de mejoramiento de los sistemas productivos [20].

Además, se utilizó el método MESMIS para analizar la sustentabilidad agrícola en una granja en Brasil, de los cultivos agrícolas: maíz, frijol, yuca y papa. Obteniéndose un 79 % de indicadores en situación ideal, indicando una sustentabilidad cercana a la adecuada. El resultado muestra que la mayoría de los indicadores en la propiedad se encuentran en situaciones ideales, mostrando así una gestión cercana a la sostenibilidad adecuada [21].

Recordando que el marco MESMIS va dirigido no únicamente a la agricultura, sino también a las granjas y a los proyectos forestales, la necesidad de trabajar en la implementación de sistemas sustentables de producción de ganado extensivo es reconocida. Se utilizó para determinar cuál es el sistema con el mejor desempeño en el Trópico Mexicano. Los resultados mostraron que NS (sin manejo) fueron mejores para las dimensiones 'Ambiental' y 'Económica', y los atributos 'Estabilidad', 'Confiabilidad y Resiliencia', y 'Producción'. Los IS (manejo intensivo) fueron mejores para la dimensión 'Bienestar Animal' y los atributos 'Adaptabilidad' y 'Autogestión'. Los MS (monocultivo) fueron mejores para la dimensión 'Social' y el atributo 'Equidad'. Esta información será útil para continuar trabajando en la parametrización de criterios de sostenibilidad para el ganado en sistemas extensivos, con el objetivo de ser usado en políticas más eficientes [22].

La metodología MESMIS ha demostrado ser una herramienta eficaz para evaluar y mejorar la sostenibilidad de diversos sistemas agrícolas. Los estudios revisados destacan la importancia de integrar prácticas agroecológicas, rescatar el conocimiento tradicional y fomentar la participación comunitaria para lograr sistemas de producción más sostenibles y resilientes.

## 2.2 Sus-VSM

El Mapa de Flujo de Valor Sustentable (Sus-VSM, por sus siglas en inglés) es un mapeo de flujo de valor que puede describir el uso de energía y los desechos generados en el proceso de fabricación. El mapeo de flujo de valor (VSM, por sus siglas en inglés) es una forma visual que puede indicar el flujo de material e información en el proceso de producción de un producto [23]. El VSM también se puede usar para identificar actividades sin valor agregado que ocurren durante el proceso de producción [24].

Una gran ventaja del Sus-VSM es que gracias a que se deriva de la herramienta VSM, es aplicable a cualquier giro o tipo de industrial, y a cualquier clase de proceso, desde administrativo hasta operacional.

La creciente necesidad de resolver el problema del desperdicio de alimentos para la supervivencia del planeta y la humanidad alienta a los investigadores a buscar operaciones sostenibles que alteren los métodos convencionales que se utilizan actualmente en la industria alimenticia. Dado que el mayor desperdicio se observa en las operaciones iniciales en las economías emergentes, se estudió una de las compañías de carne más grandes de Turquía para ilustrar la metodología propuesta. Como resultado del modelo, se han sugerido operaciones alimentarias magras y sostenibles que consideren aspectos sociales, económicos y ambientales [25].

En Brasil hay un caso de estudio sobre una granja de naranjas que subraya la eficacia de Sus-VSM en el sector agrícola, aunque señala la necesidad de ciertas modificaciones del proceso para

garantizar una implementación exitosa. Al comparar los dos estados, se observa que el estado actual incurre en un 70,55% más de impactos sobre el cambio climático, mientras que el estado futuro podría generar un aumento del 4,08% en el valor agregado. Las mejoras del escenario actual al futuro se pueden lograr principalmente a través de una mejor gestión del inventario de insumos en el campo [26].

En la tabla 1 se muestran las principales características de las dos metodologías señaladas: MESMIS y Sus-VSM.

*Tabla 1. Comparación entre las metodologías MESMIS y Sus-VSM.*

Metodologías	MESMIS	Sus-VSM
<b>Significado</b>	Marco para la Evaluación de Sistemas de manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad.	Sustainable Value Stream Mapping. Mapeo de Flujo de Valor Sustentable.
<b>Historia</b>	El Programa MESMIS inició en el año 1999 en México.	Inició en el año 2014, bajo un análisis de distintas variedades ambientales del VSM.
<b>Objetivo</b>	Intenta contribuir a resolver varios de los problemas asociados con la Evaluación de Sustentabilidad (ES).	Integrar lo mejor de cada una de las variantes del VSM, para formar una herramienta multidisciplinaria llamada Sus-VSM.
<b>Dirigido a</b>	Se dirige a proyectos agrícolas, forestales y pecuarios llevados a cabo colectiva o individualmente y que se orientan al desarrollo y/o a la investigación.	Puede dirigirse a diferentes y variados entornos de producción.
<b>Desventaja</b>	Aún no existen umbrales o parámetros para comparar los sistemas estudiados. De ahí que cada uno define valores ideales.	Los valores de las métricas documentadas en un Sus-VSM no serán suficientes para clasificar si una métrica específica es buena o mala.

En la tabla 2 se muestran los diferentes atributos considerados para describir indicadores según cada metodología sustentable.

*Tabla 2. Atributos de los indicadores de MESMIS vs Sus-VSM*

MESMIS	SUS-VSM
Productividad	Tiempo
Estabilidad	Economía
Resiliencia	Consumo de energía
Confiabilidad	Productividad
Adaptabilidad	Desempeño ambiental
Equidad	Bienestar social
Autodependencia	

### 2.3 Cadena de Suministro Agrícola

En los últimos años, problemas emergentes como el incremento en los precios de la energía, la limitada disponibilidad de recursos no renovables, el cambio climático y la creciente preocupación por mejorar la calidad de vida han generado nuevos retos para la industria. Esto ha provocado una mayor presión social y normativa sobre la Cadena de Suministro Sustentable (CSS), su desempeño y las investigaciones relacionadas [27].

Por ejemplo, la cadena de suministro del café gourmet está compuesta por diversos proveedores y puntos de venta. Entre las principales compras se incluyen fertilizantes y abonos para mejorar el suelo, proporcionar nutrientes para una cosecha óptima y controlar las plagas comunes en los cafetales, así como fundas y sacos utilizados durante la cosecha, producción y venta. En esta investigación, se aplicó una técnica de identificación de problemas (causa-efecto) que permite analizar detalladamente cada aspecto en el que surge el problema. Al desglosar los elementos, se facilita el enfoque en el desafío central de la investigación: la falta de estandarización en los procesos y en la cadena de suministro, lo cual dificulta la obtención de certificaciones de calidad que podrían mejorar significativamente todo el proceso. Además, se concluyó que el estado actual de la cadena de suministro presenta varias fortalezas, como proveedores confiables, materia prima de alta calidad, clientes estables y la experiencia de los gestores del negocio [28].

En Colombia, se identifica como uno de los principales problemas al ingresar al mercado el desconocimiento del estado del proceso logístico y de la cadena de suministro. Para una

adecuada comunicación, toda cadena productiva debe mantener relaciones de intercambio con su entorno, que incluye el ambiente institucional, organizacional, así como los flujos de dinero, suministro e información necesarios para su funcionamiento. En este contexto, se analizan los flujos entre los pequeños productores y la planta agroindustrial de café, considerados los eslabones clave de la cadena productiva básica, destacando los procesos logísticos relevantes dentro de esta cadena [29].

Dada la importancia que se le atribuye a la logística es pertinente definir la función de la cadena de suministro o Supply Chain, algunos autores la definen como “la integración de las funciones principales del negocio desde el usuario final a través de proveedores originales que ofrecen productos, servicios e información que agregan valor para los clientes y otros interesados” [30].

Está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente (ficha técnica de calidad identificada en cada eslabón sistemático), incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores e incluso a los mismos clientes, debe ser dinámica e implica un flujo constante de información, productos y fondos entre las diferentes etapas [31].

Así, el objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. El valor que una cadena de suministro genera es la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de éste [32].

## CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta los conceptos fundamentales que sustentan la investigación. Se inicia con un repaso de la historia e importancia de la agricultura y la relevancia de la sustentabilidad en los procesos productivos. Se abordan también enfoques como la manufactura esbelta y las prácticas sustentables para optimizar recursos y reducir impactos ambientales. Además, se introduce la metodología Sus-VSM y el modelo MESMIS para evaluar la sostenibilidad en proyectos. Finalmente, se describen el instrumento de medición utilizado y el análisis de componentes principales, herramientas clave para el análisis y la interpretación de los datos en este estudio.

### 3.1 Historia e importancia de la agricultura

La agricultura ha sido fundamental en el desarrollo de las sociedades humanas, desde sus inicios hasta la actualidad. Hace diez mil años, la agricultura le permitió al homo sapiens aprender en comunidad y valerse del trabajo en equipo para demostrar supremacía frente a otras especies con más cualidades físicas e intelectuales. La agricultura le dio al hombre noción del tiempo y el espacio. A partir de esa relación con la naturaleza fue necesitando crear estrategias grupales para proteger las tierras que les daban de comer. Mientras más territorio defendían, más comida obtendrían y más población podrían mantener para ayudar a trabajar la tierra [33].

La agricultura, aunque sometió al hombre, también le enseñó la dinámica cíclica de la naturaleza y le permitió reconocer sus patrones de supervivencia. A través de la agricultura, el ser humano aprendió a aprovechar los recursos naturales para satisfacer sus necesidades, como alimentarse, vestirse y construir. Desde entonces, la economía, como ciencia social encargada de administrar los recursos para satisfacer esas necesidades, ha sido considerada la dimensión más importante para todas las poblaciones humanas en el mundo [33].

El notable progreso industrial y la creciente preocupación por aumentar la eficiencia en la producción de bienes y servicios han impulsado el desarrollo de diversas herramientas de optimización que han fortalecido este sector. A su vez, el sector agrícola estuvo durante un tiempo fuera del ámbito de investigación; en cambio, a mediados de la década de los 60, comenzó a generar interés entre los investigadores, al reconocerse su importancia como un componente esencial en la cadena productiva. A partir de ese momento, el sector agrícola se convirtió en un objeto de estudio enfocado también en la optimización de operaciones y recursos [34].

### 3.1.1 Agricultura en Latinoamérica

A lo largo de su historia, la región latinoamericana ha sido una fuente de riqueza para potencias imperialistas, clases dominantes y capital extranjero, siendo la tierra uno de sus recursos más codiciados. Este contexto ha facilitado, mediante políticas de dominación, compra, venta y expropiación, procesos de concentración y centralización del capital en el campo latinoamericano, principalmente en las mejores tierras de explotaciones medianas o grandes. Estas tierras han sido, en gran parte, beneficiarias de inversiones públicas en infraestructura, así como de incentivos económicos y servicios oficiales de apoyo [35].

De manera general, la agricultura de la región latinoamericana se caracteriza por la producción de bienes primarios que carecen de valor agregado, al no contar, entre otros aspectos, con procesos de industrialización que permitirían captar mejores precios, lo cual retribuiría mayores beneficios a los agricultores. Esta realidad se fundamenta por dedicarse al cultivo de productos orientados al autoconsumo y de baja productividad; tener una población activa muy numerosa y poco especializada en la agricultura; y utilizar técnicas y utensilios rudimentarios. Adicionalmente, en estos países existen diversas modalidades de agricultura determinadas por el clima, las tradiciones agrícolas, donde es frecuente también la agricultura extensiva de secano (consiste en la irrigación de los cultivos con el agua que proviene de las lluvias, y no utilizar

sistemas de riego artificiales) y en determinadas zonas se aplica una agricultura especulativa (plantaciones explotadas por multinacionales de la alimentación) [35].

En tiempos precolombinos, por ejemplo, el grano de cacao sirvió como moneda para el intercambio de bienes. De la misma forma, durante la colonia española en Latinoamérica, los productos agrícolas como el café o el índigo servían como medio para el pago de tributos al imperio español [36].

Desde la promulgación de la independencia en el siglo XIX, la agricultura de los países latinoamericanos se estructuraba en torno a dos actores sociales principales: la oligarquía agrícola y los campesinos. La primera se componía de un reducido número de terratenientes poseedores de grandes propiedades, practicando una agricultura poco diversificada, pero con gran poder para generar divisas. Por otra parte, existía una gran cantidad de campesinos que trabajaban pequeñas porciones de tierra principalmente de forma comunal para suplir necesidades del consumo propio de alimentos [37].

Pese a que América Latina dispone de casi el doble de tierras agrícolas per cápita que el resto del mundo, su agricultura se caracteriza por la concentración de la propiedad de la tierra. Pocos dueños de terrenos, aunque sean grandes o medianos, producen la mayor parte de lo que se cosecha. Además, se da un elevado índice de desigualdad en la distribución de la tierra: 0.55 en el caso de Chile, pero superior a 0.7 en Argentina, Brasil, Ecuador y Nicaragua, en comparación con menos de 0.5 en Asia [38].

La concentración de la tierra en Honduras es preocupante: el 3 % de los propietarios controla el 70 % de las tierras arables. La situación actual es incluso peor que antes de 1990, cuando 5 de cada 10 campesinos no tenían tierra; ahora son 7 de cada 10 campesinos los que carecen de propiedad. Según la FAO, mientras unos 300 mil campesinos carecen de tierra, 5 mil terratenientes controlan un 49 % de tierras ociosas sin cultivar [39].

En Bolivia, los latifundios acaparan más de 30 millones de hectáreas. En general, la ley vigente de 1953 establece una superficie máxima de 50 mil hectáreas, pero hay grupos familiares que subdividen las propiedades a nombre de primos, tíos y sobrinos, con lo que llegan a acaparar gigantescas extensiones de tierra. Esto les permite tener un gran control mediático, lo cual les confiere mucho poder político [40].

La revisión de la literatura muestra que, en las últimas décadas, muchos campesinos han sido marginados como productores, viéndose reducidos a un nivel de subsistencia o a la búsqueda de trabajos asalariados. En los estudios sobre este tema, se menciona que muchos pequeños productores se han convertido en semiproletarios o han sido totalmente proletarizados. La concentración de capital en la agricultura de América Latina tiende a centrarse en áreas con ventajas comparativas, impulsadas por grandes inversiones públicas. Al mismo tiempo, la agricultura campesina se caracteriza por el estancamiento y una tendencia a su deterioro. [35].

En la actualidad la inseguridad alimentaria es uno de los principales problemas no sólo en México, sino a nivel mundial, siendo la seguridad alimentaria uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); por lo que es indispensable considerarlo en el estudio ya que está directamente relacionado con la sustentabilidad. Gracias a un estudio evaluado con la Escala Mexicana de Seguridad Alimentaria (EMSA), resulta importante señalar que, en las localidades urbanas mexicanas, así como los hogares sin cobertura de programas sociales de ayuda alimentaria, hay una tendencia en aumento en la magnitud de la inseguridad alimentaria moderada y severa. En México, el indicador de seguridad alimentaria medido a partir de la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA), así como el indicador de carencia por acceso a la alimentación utilizado en la medición multidimensional de la pobreza, son el fruto de casi una década de trabajo intelectual y de investigación realizado por múltiples especialistas provenientes de instituciones públicas, privadas, nacionales e internacionales [41].

### 3.1.2 Agricultura en México

La historia de la agricultura en México es rica y compleja, abarcando desde las prácticas agrícolas de las antiguas civilizaciones hasta las transformaciones modernas impulsadas por la industrialización y las políticas agrarias. A continuación, se presenta una síntesis de los principales aspectos históricos y desarrollos en la agricultura mexicana.

La transición de México hacia un modelo de agricultura capitalista ha constituido un proceso desigual y complejo. Durante el último tercio del siglo XIX, algunas regiones, vinculadas a la expansión urbana y al desarrollo del sistema ferroviario, lograron establecer haciendas productivas que se beneficiaron de tecnologías avanzadas y una gestión eficiente. No obstante, en otras áreas del país, la agricultura se vio restringida por formas coercitivas de organización laboral, la escasez de productos agrícolas de alto rendimiento, la limitada circulación monetaria y la insuficiencia de crédito agrícola [42].

Como continuación de este proceso de evolución agrícola, cabe destacar que los antiguos habitantes del Valle de México también desarrollaron un sistema agrícola altamente sofisticado. Utilizando observatorios solares y las alineaciones de montañas, crearon un calendario agrícola preciso que les permitió planificar sus ciclos de cultivo con gran eficacia. Esta herramienta les resultó fundamental para sustentar a una de las poblaciones más numerosas de la época, sin depender de instrumentos europeos como el gnomon o el astrolabio [43]. Las alineaciones solares, tales como las que se podían observar desde el Tepeyac hacia el Monte Tláloc, desempeñaron un papel esencial en la adaptación del calendario agrícola a las estaciones solares [44].

Las pequeñas fincas han tenido un papel clave en la producción agrícola de México, especialmente después de la reforma agraria de la primera mitad del siglo XX. Aunque su aporte ha disminuido en los últimos años, aún representan el 19 % de la producción agrícola total, enfocándose principalmente en cultivos comerciales como caña de azúcar, frutas, hortalizas y

productos de origen animal. A pesar del apoyo gubernamental a las grandes explotaciones, las pequeñas fincas han mostrado una notable resiliencia y continúan siendo esenciales para la soberanía alimentaria del país [45].

La historia de la agricultura en México es un reflejo de la interacción entre factores sociales, económicos, tecnológicos y ambientales. Desde las antiguas civilizaciones que desarrollaron calendarios agrícolas precisos hasta las transformaciones modernas impulsadas por la industrialización y las políticas agrarias, la agricultura mexicana ha evolucionado significativamente, adaptándose a los desafíos y oportunidades de cada época.

### 3.2 Sustentabilidad

"Sustentabilidad" y "sostenibilidad" son términos relacionados y a menudo se usan de forma intercambiable, pero existen diferencias sutiles en su origen y matiz de uso, dependiendo del contexto y el país.

Sustentabilidad:

- Origen: viene del verbo "sustentar", que implica el acto de sostener o apoyar algo.
- Enfoque: se refiere a la capacidad de soportar o mantener un sistema en equilibrio mediante el uso de recursos sin comprometer su disponibilidad futura. En este sentido, implica que los recursos utilizados deben ser capaces de regenerarse o mantenerse por sí mismos para asegurar su disponibilidad a largo plazo.
- Uso: en América Latina, el término "sustentabilidad" es el más común cuando se habla de temas ambientales y económicos.

Sostenibilidad:

- Origen: deriva del verbo "sostener", que también significa mantener o conservar.
- Enfoque: suele usarse en un sentido más amplio, aludiendo no solo al uso equilibrado de recursos naturales, sino también al mantenimiento de sistemas ecológicos, económicos y

sociales en armonía. La sostenibilidad incluye una visión más integral del desarrollo a largo plazo.

- Uso: es más frecuente en España y en documentos internacionales como los ODS de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Ambos conceptos buscan el equilibrio en el uso de recursos naturales, aunque "sostenibilidad" suele implicar un enfoque más amplio e integral. La diferencia es principalmente lingüística y regional, y ambos términos son válidos cuando se habla de desarrollo a largo plazo y conservación de recursos.

La sustentabilidad es una característica de un agente (ya sea un individuo, colectivo, humano o no humano) que se encuentra en un tiempo y espacio específicos, con el fin de satisfacer sus necesidades y las de la comunidad que lo rodea. Al mismo tiempo, busca reducir y corregir los impactos negativos del desarrollo humano, creando las condiciones para que las necesidades de las generaciones futuras sean cubiertas, asegurando un futuro ecológicamente saludable y habitable. Este concepto integra aspectos subjetivos y objetivos, determinados por la interacción con el entorno, y busca un equilibrio entre variables sociales, económicas, ambientales y culturales, garantizando su perdurabilidad a lo largo del tiempo [46].

### 3.2.1 Sustentabilidad en la agricultura

La agricultura proporciona a la humanidad los productos más básicos para sustentar la vida y las materias primas para la producción, relacionando a la sociedad humana y la naturaleza. El desarrollo sustentable de la agricultura, una elección inevitable para mantener la estabilidad social a largo plazo, el crecimiento económico constante y la seguridad ecológica, es la clave para el desarrollo coordinado de la economía, la sociedad y el medio ambiente [47].

Desde fines de la década de 1990, la FAO propuso un cambio de paradigma del modelo de la Revolución Verde hacia una agricultura sustentable, ya que para este organismo el suelo es uno

de los elementos más frágiles. Por ello propuso atenderlo con prácticas de la Agricultura de Conservación [48].

La misma centra su atención en la orientación y mejora de la agricultura convencional a nivel mundial para demandar la idea de aumentar o mantener los niveles de producción agrícola, sin sobreexplotar los recursos sociales y naturales volcados al acto productivo. Es decir, una agricultura sustentable busca incorporar, de forma integrada e igualitaria, aspectos económicos, ambientales y sociales [49].

Una definición más concreta de la agricultura sustentable dada por el Instituto Nacional de Investigación de Alimentos y Agricultura (NIFA, por sus siglas en inglés) es que tiene como objetivo proteger el medio ambiente, expandir la base de recursos naturales de la Tierra, mantener y mejorar la fertilidad del suelo.

Sin embargo, delimitan que la agricultura sustentable debería garantizar los ingresos agrícolas mediante la promoción de la gestión ambiental y el aumento de la calidad de vida en las zonas rurales. Dado que la agricultura conecta el entorno ecológico con la sociedad económica, también se debe otorgar gran importancia a su sustentabilidad y resiliencia ecológica [50].

Basada en un objetivo multifacético, la agricultura sustentable busca incrementar los ingresos agrícolas, promover la administración ambiental, mejorar la calidad de vida de las familias y comunidades campesinas y aumentar la producción para satisfacer las necesidades de alimentos y fibra de las personas [47].

Un punto que hay que considerar ya que se observa de manera general, es la confusión que existe de relacionar la agricultura sustentable sólo como agricultura orgánica y no es así, se puede seguir con prácticas e insumos no orgánicos siempre y cuando se utilicen con racionalidad en momentos precisos, con fines definidos y que tengan un bajo impacto al medio ambiente [51].

Definitivamente practicar una agricultura sustentable garantiza la conservación y bienestar de las comunidades rurales, el seguir teniendo una agricultura tradicionalista que no respete el entorno y destruya los recursos será el ente que siga expulsando a los trabajadores del sector primario a las zonas urbanas o migren a otros países debido a la generación de pobreza y miseria por la contaminación o extinción de los suelos cultivables, agua, mantos freáticos y ecosistemas [51].

No obstante, la búsqueda de un acercamiento hacia el desarrollo agrario sustentable enfrenta limitaciones propias, derivadas de la complejidad multidimensional del concepto (económicas, ecológicas y socioculturales). Los sistemas sustentables podrían, asimismo, desempeñar un papel importante en la superación de ciertas barreras vinculadas al desarrollo rural, mediante la promoción de modelos agroalimentarios fundamentados en la agroecología y la soberanía alimentaria [52].

La falta de sustentabilidad agrícola ha acrecentado diversos problemas como la pérdida de empleos, la inseguridad socioeconómica, la pobreza, y han puesto en riesgo la estabilidad social de las generaciones presentes y futuras generando nuevos riesgos y desafíos que obligan a pensar y actuar diferente de todos los actores sociales y de gobierno; para enfrentar los retos actuales y asumir la Agenda 2030 que alberga a los 17 ODS establecidos por la ONU, que tienen como propósito lograr un desarrollo de inclusión social, crecimiento económico y la protección ambiental, a través de estrategias que permitan abordar una serie de necesidades sociales, como la educación, la salud, la protección social, el empleo y el medioambiente [53], [54].

### 3.2.2 Sustentabilidad económica en la agricultura

Para mantener la actividad y el desarrollo económico en conjunto, la agricultura sigue siendo una fuerza importante, aun en los países desarrollados. Evaluar las distintas funciones económicas de la agricultura implica analizar sus beneficios a corto, mediano y largo plazo. Entre los factores que

afectan esta función están la complejidad y el nivel de desarrollo del mercado, así como la madurez de las instituciones involucradas [55].

La sustentabilidad económica está vinculada con la apropiación, combinación e interacción de los factores de producción. Su propósito, es obtener a lo largo del tiempo un ingreso que permita a los actores sociales involucrados en la agricultura, mantenerse o escalar en el campo económico del que participan, así como eficientizar económicamente el proceso productivo y promover la distribución equitativa de los factores de producción del campo y de los beneficios de su puesta en funcionamiento [49].

El enfoque económico ha hecho que tanto los productores como el gobierno pasen por alto los impactos negativos que puede generar el sector debido a prácticas agrícolas inadecuadas y la falta de una gobernanza ambiental adecuada. No obstante, no solo es importante producir en grandes cantidades, sino que también es esencial que esa producción se realice de manera que no agote los recursos naturales en el proceso. Debe ser sustentable, ya que, aunque se logre un bienestar inmediato a expensas del medio ambiente, a largo plazo esto podría desencadenar serios problemas ambientales, políticos y sociales [56], [7].

En la agricultura moderna, la sustentabilidad es considerada un reto por su relevancia con el equilibrio del cuidado y conservación del medio ambiente y su contribución en la calidad y demanda de los productos agrícolas. En las últimas décadas, la mayoría de las estrategias de desarrollo económico y crecimiento han generado un rápido capital económico, financiero y humano provocando el agotamiento y degradación del medio ambiente, de recursos naturales y de ecosistemas [53].

### 3.2.3 Sustentabilidad social en la agricultura

El ser humano trabaja cada vez más para nivelar su estilo de vida, para su pleno desarrollo e integración social, aún más para la conservación de los recursos. Esto es la base del equilibrio en la sustentabilidad social, orientada a alcanzar una vida mejor y en armonía, adoptando una actitud responsable socialmente y sin poner en riesgo los recursos de las generaciones futuras. De esta manera, se crea un mundo más estable, contribuyendo no solo al ámbito económico, sino también a la integración social, adaptándose armónicamente a valores que favorezcan una convivencia saludable entre los seres humanos y su relación con la naturaleza. La sustentabilidad social abarca el buen funcionamiento de los mercados laborales, un alto nivel de empleo y la estabilidad y prosperidad de los sistemas culturales y sociales[57].

La sustentabilidad social está vinculada con las relaciones sociales y con el soporte del capital social. Su propósito es desarrollar un modo de producción que a través del tiempo otorgue beneficios constantes para reproducir de manera desarrollada el capital social puesto en funcionamiento bajo condiciones dignas de trabajo, además de contemplar el criterio de equidad en la búsqueda de prosperidad y oportunidades sociales. Adicionalmente, una parte de la sustentabilidad social está relacionada con los aspectos institucionales, ya que colaboran con la habilidad de gestionar tareas de forma confiable, mayor resiliencia y menor vulnerabilidad [49].

Es esencial la conservación y el dinamismo de las comunidades rurales para mantener la agroecología y mejorar la calidad de vida de la población rural, sobre todo a los jóvenes. Además, es crítico aprovechar los conocimientos locales y establecer conexiones entre los recursos de competencia técnica, información y asesoría locales y extranjeras. La función social de la agricultura se basa en la conservación del legado cultural ya que las comunidades rurales siguen identificándose con sus orígenes históricos [55].

La propuesta de una agricultura sustentable ha cobrado mayor interés por dos razones: la primera se enfoca en la conservación de los recursos naturales como el suelo, agua y medio

ambiente, y la segunda se centra en mejorar el bienestar social y económico de las comunidades rurales que son las primeras afectadas con este cambio [58].

#### 3.2.4 Sustentabilidad ambiental en la agricultura

La agricultura es una actividad que puede tener efectos positivos o negativos en el medio ambiente. Un enfoque multifuncional de la agricultura permite identificar oportunidades para mejorar esta interacción. Esta función abarca problemas globales importantes como la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la desertificación, la calidad y disponibilidad del agua, así como la contaminación [59].

También se considera la problemática ambiental del país, ya que el sector agrícola ocupa el segundo lugar en emisiones contaminantes a nivel nacional, después del energético. A esto hay que sumar la presencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, que degradan la calidad de la tierra por deficiencia o exceso. Además, hay que considerar que 47 % del territorio es montañoso, que 67 % de esa superficie presenta erosión hídrica, a lo que debe añadirse que 54 % del territorio se considera árido, aunado al sobrepastoreo y la degradación de los suelos que se registra [48].

La sustentabilidad ambiental, por otro lado, está relacionada con los procesos biofísicos y la capacidad de los agroecosistemas para mantener su productividad y funcionamiento biológico a lo largo del tiempo. Su objetivo es lograr una producción estable o creciente con el paso de los años, mientras se preservan los recursos naturales (como el suelo, el agua y la biodiversidad) utilizados en la actividad productiva [60].

Un estudio realizado en Chihuahua, México, expone a la actividad que la población percibe como causante de más daño ambiental, 80.2 % de las personas consideran que es la industria, tomando en cuenta las industrias presentes en el municipio, como lo son las maquiladoras, la termoeléctrica, la procesadora de leche infantil, la industria mueblera, entre otras; por otro lado,

el 13.8 % de las personas piensan que la agricultura es la causante de mayor daño ambiental; sólo el 5.2 % piensa que es la ganadería, y 0.5 % dijeron que ninguna actividad causa daño ambiental. Las personas identifican a la industria como causante de daño ambiental pero no a la agricultura; perciben a la agricultura como una actividad que produce plantas y alimentos y que por ello no contamina; aunque la gran mayoría de los habitantes de la ciudad desconocen las malas prácticas agronómicas y sus consecuencias. Pese a lo anterior, 94 % de los encuestados creen que las personas que trabajan en la industria, agricultura o ganadería están en mayor riesgo de padecer alguna enfermedad asociada a la contaminación derivada de su actividad laboral [2].

Fue hasta el 2014 que se estableció el Programa Especial de Cambio Climático, como parte de los acuerdos internacionales suscritos se tomaron las medidas siguientes: la sustitución de fertilizantes químicos por biofertilizantes, la disminución de la quema de residuos, así como el fomento a la agricultura de conservación y el pastoreo planificado. Aunque se pusieron en marcha dichas acciones, los compromisos a nivel internacional, las bases y los fundamentos de una gran parte de los programas agrícolas continúan cimentados en el paradigma anterior [48].

Algunos autores proponen que la agricultura sustentable podría vincularse con la recuperación de prácticas tradicionales o indígenas, que se enriquezcan con métodos de producción derivados de la aplicación de conocimientos científicos, como son: el manejo integrado de plagas, el reciclaje de nutrientes para el mejoramiento y conservación del suelo, la cobertura vegetal en los cultivos y el uso de semillas híbridas con modificaciones genéticas. Éstos, con frecuencia, se consideran una opción para aumentar la productividad por dos razones: primero, porque requieren de menos terreno para producir lo mismo, con lo que se reduce el gasto de energía y combustible al disminuir el uso de maquinaria agrícola; segundo, porque disminuye el uso de agroquímicos, sobre todo de pesticidas, debido a que los cultivos suelen ser más resistentes a plagas comunes. Ambos factores reducen la contaminación al medio ambiente [61].

Por otra parte, Castro-Escobar describe una serie de factores a favor y en contra del uso de esos granos y presenta el punto de vista de agricultores y consumidores estadounidenses. Con

respecto a los primeros, el autor refiere que perciben dos ventajas al usar dichas semillas: la de iniciar la plantación de cultivos antes de la temporada y la de obtener una mayor producción en una menor extensión de terreno. En cuanto a los consumidores, en una encuesta reciente, un tercio de los entrevistados expresaron que evitan adquirir productos que contengan Organismos Genéticamente Modificados (GMO, por sus siglas en inglés) y prefieren productos con etiquetas que advierten que están libres de ellos [58].

### 3.2.5 VSM en la agricultura

Mejorar el rendimiento de la Cadena de Suministro no es una tarea sencilla debido a la estructura fragmentada de las industrias y la alta especialización funcional de las organizaciones. Para lograr este objetivo, es necesario analizar el flujo de valor, que incluye todas las actividades (tanto las que agregan valor como las que no) necesarias para producir un producto, desde la materia prima hasta el cliente. El VSM, es una herramienta que se enfoca sobre el diseño del sistema de producción para hacerlo cada vez más competitivo a partir de eliminar interrupciones de desperdicios en aras de producir flujo y reducir los ciclos de producción al mínimo [62].

### 3.2.6 Beneficios y limitaciones del uso del Mapeo del Flujo de Valor

Las implementaciones del VSM según el análisis de 131 artículos científicos realizado, han sido significativamente mayores en el sector de la manufactura al compararse con otros sectores [10].

Los principales beneficios de su aplicación son:

- un mayor entendimiento del costo del producto,
- un panorama claro del proceso,
- una reducción del trabajo en proceso,
- reducción del inventario,
- reducción en el tiempo de ciclo de producción,
- flexibilidad: una respuesta más rápida a los cambios de demanda,

- respuesta más rápida a los asuntos sobre calidad,
- un énfasis en jalar (pull) desde el cliente un incremento en la contribución de valor agregado y estandarización de los procesos de producción,
- el uso de VSM posibilita a una organización priorizar la implementación de acciones para eliminar el desperdicio [10].

Respaldando lo anterior, a través de un estudio empírico realizado con la participación de 155 expertos a nivel global, se obtuvo como consenso que el uso del VSM facilita a una organización priorizar la implementación de acciones para eliminar el desperdicio. Por otra parte, adaptaciones de dicha herramienta facilitan la identificación de la carga de trabajo laboral, así como de buenas prácticas ergonómicas, lo cual resulta en impactos sociales positivos [63].

No obstante, la implementación del VSM aún enfrenta desafíos y limitaciones, enlistadas en la figura 3 [62].

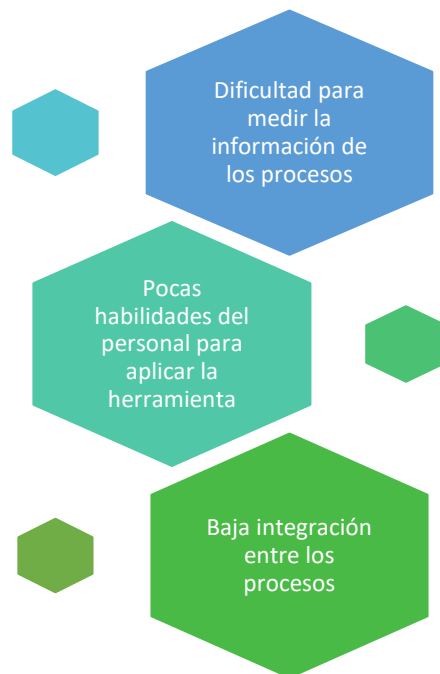


Figura 3. Limitantes del VSM.

Mientras que las principales limitaciones en la implementación de las soluciones resultantes luego de la aplicación del VSM son la falta de compromiso de la dirección, la no documentación o incorrecta definición de los procesos y la falta de entrenamiento de los empleados [62].

### 3.3 Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing, término en inglés) tiene sus raíces en las buenas prácticas de manufactura que eran implementadas en Toyota como gestión de Justo a Tiempo (JIT, por sus siglas en inglés), Gestión de Calidad (QM, por sus siglas en inglés), Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés). Se ha demostrado que las prácticas de la manufactura esbelta mejoran el rendimiento organizacional y de fabricación. Las prácticas están destinadas a lograr múltiples objetivos para una organización, principalmente para mejorar la capacidad de respuesta del cliente a través de la mejora continua y la identificación/eliminación de todo tipo de actividades y procesos que no agregan valor al cliente. Una colección de prácticas esbeltas (Lean, término en inglés) constituye un sistema Lean: las prácticas no pueden adoptarse individualmente por sí solas si se quiere lograr un estado lean general. De hecho, existe un impacto positivo limitado en el desempeño cuando las prácticas Lean se introducen de forma aislada [64].

Resulta importante observar que desde la publicación del libro *La máquina que cambio al mundo*, el término producción ajustada (eficiencia en la fabricación o manufactura esbelta), se conoció como un sinónimo del sistema de producción Toyota y comenzó a convertirse en un destacado modelo de gestión de la producción [65].

En la producción, esto se manifiesta a través de procesos ágiles, estables y estandarizados; inventarios mínimos; el flujo de productos de una sola pieza; producción basada en la demanda real aguas abajo; tiempos de preparación cortos; y la participación de los empleados en los esfuerzos de mejora continua. Todos estos aspectos pueden respaldar mejoras en diferentes

dimensiones del desempeño operativo, como la calidad del producto y el costo de producción, el tiempo de entrega, la flexibilidad y la confiabilidad [66].

Desde que se popularizó la manufactura esbelta y se convirtió en un enfoque de gestión convencional, se han realizado numerosos estudios con el objetivo de medir el efecto real de la manufactura esbelta en el desempeño operativo [67].

Parte fundamental de la manufactura esbelta es la mejora continua, su objetivo es analizar las actividades en el proceso administrativo y productivo para hacer los ajustes necesarios para minimizar errores y optimizar recursos en las organizaciones. La mejora continua es parte del ser humano desde que siempre trata de hacer mejor su trabajo, y en el tema de la manufactura esbelta, se refiere a las herramientas esenciales que deben implementarse primero de manera consistente [68].

### 3.3.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta

Algunas herramientas de apoyo para la manufactura esbelta están enfocadas en prevenir los errores y facilitar el trabajo de los operadores de las líneas de producción, por lo que apoyan la realización de operaciones y el mantenimiento de un flujo continuo de materiales [69].

Las principales herramientas que mayormente son utilizadas en el sector industrial para incrementar la productividad en México son:

- Las “5’S” que está enfocada al trabajo con efectividad, organización y estandarización. Busca establecer un ambiente de trabajo agradable y alto rendimiento, en un clima de seguridad, orden, limpieza y constancia que permita el correcto desempeño de las operaciones diarias y lograr así el cumplimiento de estándares previstos y requeridos por los clientes. Se perciben como logros: mejoras en la calidad y salud ocupacional, reducción de costos y tiempo al buscar herramientas, y la manutención de un equipo en óptimas

condiciones, además de hacer evidente el inicio hacia un cambio cultural a corto plazo conduciendo a la empresa a incrementar capacidad y productividad [65].

- “Justo a tiempo” es una filosofía de trabajo que establece cómo debe optimizarse un sistema de producción. Su propósito es fabricar los productos en el momento adecuado y en las cantidades necesarias, garantizando la máxima calidad para que puedan ser vendidos o utilizados en la siguiente etapa del proceso de fabricación. Este sistema tiene cuatro objetivos clave: 1. Abordar los problemas principales, 2. Eliminar desperdicios, 3. Buscar la simplicidad y 4. Crear sistemas que permitan identificar problemas, lo cual lleva a un aumento en la productividad y mejora de la calidad [70].
- El Cambio Rápido de Modelo (SMED, por sus siglas en inglés) consiste en una serie de pasos destinados a reducir el tiempo necesario para cambiar los moldes de las máquinas en el proceso productivo a "minutos de un solo dígito", es decir, en menos de 10 minutos. El cambio de alistamiento, molde o herramienta se refiere al tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida del producto "A" hasta la obtención de la primera pieza correcta del producto "B". Cuando se necesitan fabricar varios tipos de productos en la misma línea de producción, se deben realizar cambios de herramienta. En este proceso se distinguen dos tipos de actividades: las internas, que son las que se realizan con la máquina parada, y las externas, que son aquellas que pueden llevarse a cabo mientras la máquina sigue en funcionamiento [71].
- "Kanban" se puede utilizar como un sistema de información que gestiona la cantidad y el tiempo de producción de los productos que se fabricarán, tanto dentro de la planta como en el exterior, con el objetivo de optimizar los procesos en cuanto a tipo, cantidad y el momento en que se requieren, logrando así un sistema de producción justo a tiempo [72].
- “VSM” para Toyota, el mapeo de flujo de valor es una valiosa herramienta usada para reducir los desperdicios en el flujo de materiales, personas y productos, identifica desperdicios y fuentes de ventaja. Esto equivale a un incremento de la productividad promedio entre el 20 y el 40 % mediante ajustes y programación. Un primer mapa del flujo de valor permite representar el estado actual en que se encuentran los procesos para su posterior análisis y localización de las áreas de oportunidad y la determinación de

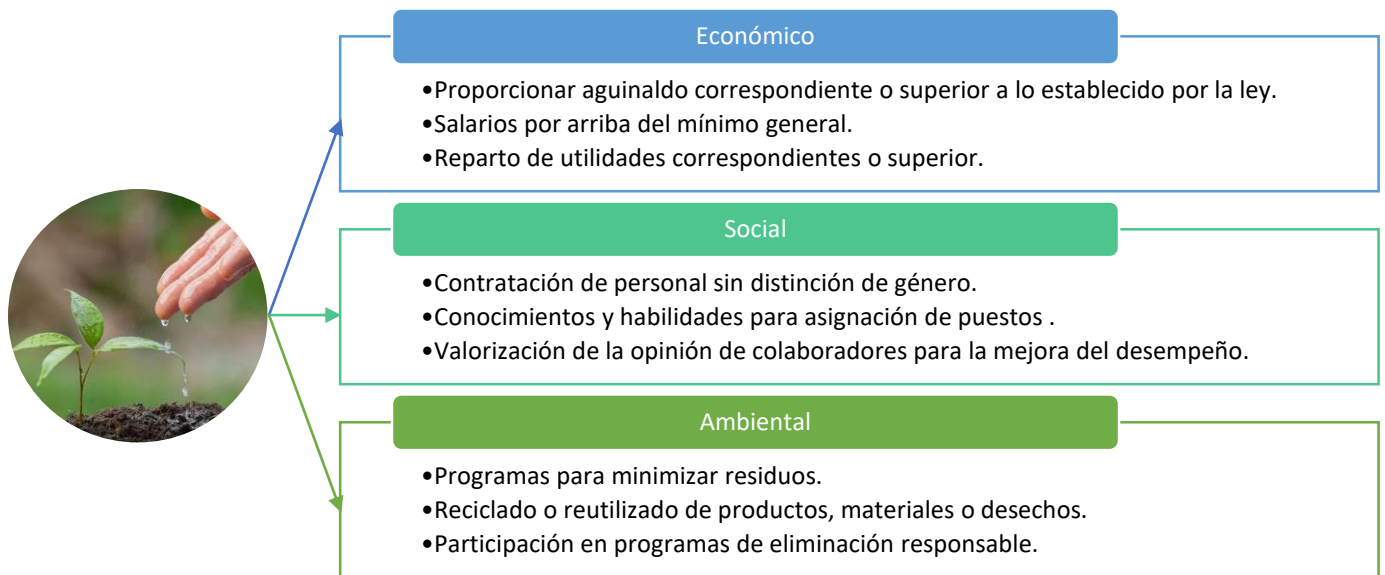
las áreas en las que hay un mayor desperdicio por medio de una representación gráfica de los procesos de producción y del flujo de información, lo que permite conocer y documentar el estado actual de un proceso e idear un estado futuro [71].

- Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) brinda un mantenimiento autónomo, las mejoras de equipos y sistemas, además de rendir beneficios concretos tales como: índices de averías más bajos, índices de operación del equipo más elevados, menores reclamaciones de cliente, productividad más elevada, menores costos y stocks reducidos [71].

### 3.4 Prácticas sustentables

Las prácticas sustentables en organizaciones agrícolas son una alternativa para que dichas asociaciones basen su quehacer en los ejes económico, social y ambiental para el cumplimiento de los 17 ODS y con ello contribuir a garantizar el futuro de la humanidad; retribuyendo a la sociedad el cuidado del entorno por permitirles desarrollar su actividad y generando beneficios económicos; garantizando la permanencia en el mercado, generando valor a sus intangibles a través de su imagen y reputación [73].

En ese sentido, el impacto que la actividad de una empresa tiene en las tres dimensiones: económica, social y ambiental, señala las directrices en las cuales tiene que desempeñar sus actividades cualquier empresa que pretenda laborar bajo el Desarrollo Sustentable, ver figura 4 [73].

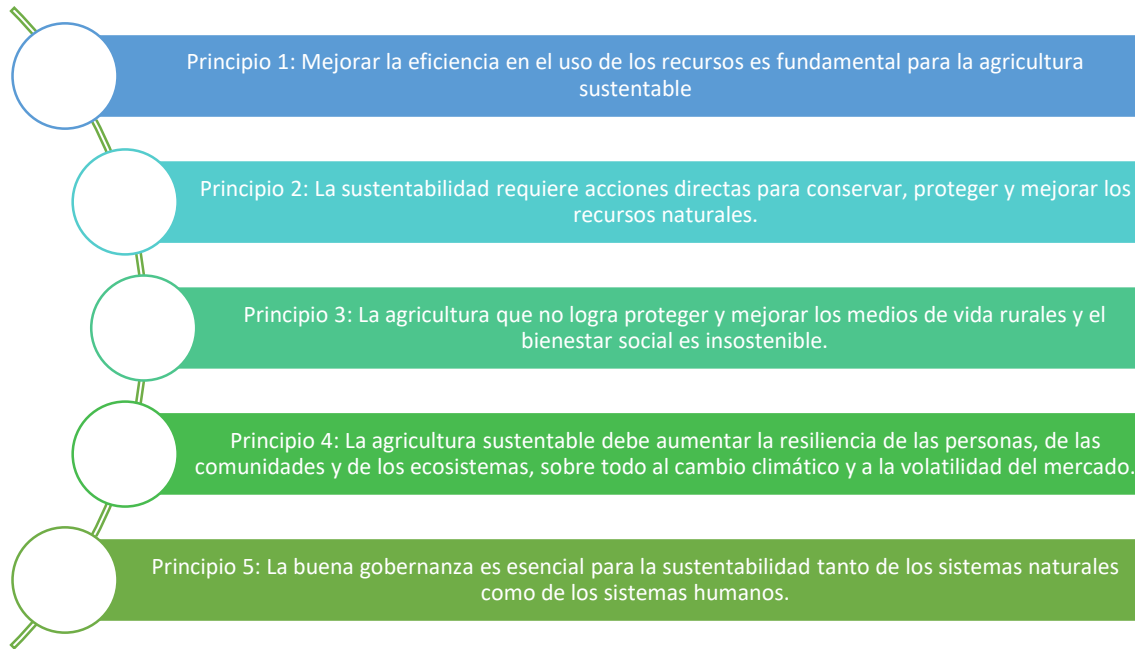


*Figura 4. Principales prácticas sustentables que generan valor a las organizaciones agrícolas.*

Por lo tanto, algunos de los puntos que debe hacer el productor para lograr una agricultura sustentable son:

- Respetar su entorno, elegir el sistema de producción que vaya acorde al ecosistema que habita, sin explotar descontroladamente los recursos naturales de su región.
- Tener una visión a futuro, donde realice y adapte prácticas que garanticen la renovación de los recursos en los próximos años.
- Generar un entorno de bienestar social a las personas que se involucran directa o indirectamente en su actividad económica [51].

Para saber cuáles son las prácticas que se deben adoptar, es necesario hacer mención de los 5 principios de agricultura sustentable que promueve la FAO a nivel mundial, los cuales se encuentran en la figura 5 [51]



*Figura 5. Principios de una agricultura sustentable.*

Las prácticas agroecológicas cumplen con el objetivo de mejorar la producción agrícola para optimizar el suministro de alimentos destinados a las personas con escasos recursos y, al mismo tiempo, potenciar la seguridad alimentaria desde las zonas rurales, al proveer alimentos sanos y ecológicamente equilibrados con el medio ambiente [52].

### 3.5 Metodología Sus-VSM (Sustainable Value Stream Mapping)

Los conceptos de pensamiento Lean abarcan una variedad de herramientas y métodos para eliminar desperdicios, reducir costos y mejorar la eficiencia y la calidad. El VSM se usa para identificar desperdicios e ineficiencias los cuales se deben eliminar o simplificar pasos sin valor agregado durante el proceso de producción. Entre las diversas herramientas de mejora de manufactura esbelta utilizadas para la reducción de desperdicios durante la fabricación, VSM puede eliminar desperdicios y reducir el tiempo de entrega clasificando todos los procesos de fabricación como actividades sin valor agregado y actividades con valor agregado e identificando todos los tipos de desperdicios (actividades sin valor agregado) a eliminar [74].

En la actualidad, se requiere que los sistemas de la industria manufacturera moderna no solo sean eficientes, sino también ecológicos y sustentables. Los conceptos Lean se centran en la eliminación de desperdicios, la reducción de costos y las mejoras en la calidad y la eficiencia. Los conceptos ecológicos y sustentables garantizan productos y procesos respetuosos con el medio ambiente y, al mismo tiempo, tienen en cuenta las limitaciones económicas y sociales [75].

En comparación con la gran cantidad de investigaciones académicas sobre las herramientas tradicionales de VSM, existen pocos estudios sobre la aplicación de VSM como herramienta para mejorar el desempeño de las operaciones en materia de sustentabilidad ambiental. Sus-VSM se basa en VSM y el estándar de conceptos de fabricación sustentable. La mayoría de los estudios han considerado solo métricas de tiempo, economía y consumo de energía para evaluar la productividad y el desempeño ambiental de los sistemas de producción. Una variante prueba es el Verde VSM (Green VSM término en inglés) que identifica el nivel integrador de flujo de tiempo, flujo de energía, flujo de materiales y flujo de transporte. El flujo de energía, el flujo de materiales y el flujo de transporte se convierten en flujo de emisiones de carbono, que se describe como emisiones de carbono sin valor agregado y con valor agregado en cada paso y determina las oportunidades para la eficiencia del carbono como indicador de evaluación [74].

El método Sus-VSM combina la metodología de fabricación Lean tradicional para identificar impactos/desperdicios ambientales y sociales con indicadores adicionales para evaluar los impactos ambientales y el bienestar social. Además, amplía el VSM convencional, también llamado Sus-VSM, y enmarca un conjunto de métricas sustentables para evaluar el impacto ambiental del proceso de fabricación en diferentes sistemas de fabricación. Una investigación examinó con éxito tres estudios de casos de sistemas de fabricación diferentes en detalle para demostrar el alcance de la aplicación de la herramienta Sus-VSM al visualizar las métricas ambientales y sociales. Los auditores utilizaron, como métricas ambientales el uso de materias primas, la energía y el consumo de agua de proceso, mientras que las métricas sociales fueron el trabajo físico y el entorno laboral. Como conclusión, los investigadores indicaron que la información adicional proporcionada por el Sus-VSM permite una mejor comprensión de la

energía consumida en cada proceso, lo que permite una asignación adecuada de recursos para mejorar la sostenibilidad de la fabricación. Sin embargo, el desarrollo de Sus-VSM puede llevar más tiempo y trabajo, dependiendo de la extensión de los datos disponibles, ya que la información para calcular las otras métricas incluidas en esta herramienta, como el consumo de energía, el uso de agua y la eliminación de material, etc., pueden no estar disponibles en la empresa [76].

Con base en la literatura relevante, varios estudios han examinado la integración de métricas adicionales para extender el VSM, y la mayoría se enfoca en métricas relacionadas con la energía. Otros se habían centrado en VSM 'sostenible', que implica principalmente el desempeño ambiental. A partir de aquí, es evidente que el VSM utilizado para analizar la fabricación ecológica y sustentable no se ha definido correctamente. En general, la falta de investigación sobre la herramienta Lean orientada a la sustentabilidad todavía se considera limitada [77].

Además de las deficiencias mencionadas anteriormente del Sus-VSM, otra de sus debilidades evidentes es la falta de prácticas y herramientas ajustadas que de otro modo contribuirían a la utilización de herramientas estadísticas/matemáticas de vanguardia, la capacidad de recopilar y utilizar datos estadísticos como un medio para el control y monitoreo de procesos, así como la capacidad de identificar problemas persistentes luego de la eliminación de desperdicios como una de las herramientas Lean identificadas para mejorar el desempeño de la sustentabilidad [77].

Un Sus-VSM, que es una herramienta ajustada para mejorar el desempeño de la sustentabilidad [78], al igual que el VSM convencional, implica planes de implementación constantes para la mejora continua a nivel de flujo de valor. Para ser más efectivo, debe considerarse un proceso de mejora continua en el que, a partir del establecimiento de un mapa de estado actual y después de lograr el mapa de estado futuro propuesto, permita dibujar mapas de estado futuro posteriores para permitir un ciclo de mejora continua [77].

Primero se debe ilustrar el estado actual a través de un Sus-VSM, después se deben identificar y medir las actividades que no agregan valor dentro del proceso, material y flujo de información del mapa actual. A partir de entonces, se pueden identificar los procesos o actividades que requieren mejoras y un mayor análisis. En el Sus-VSM, el cuadro de datos indica el resumen de todos los datos ingresados para cada proceso. Se tabulan el tiempo total del ciclo, la relación de valor agregado, el uso y consumo total de químicos, el agua procesada y el consumo de energía para facilitar la interpretación del Sus-VSM. El nivel de ruido también se mide como promedio en el cuadro de datos [77].

Sus-VSM es un método avanzado y completo para comprender la secuencia de actividades y el flujo de información, ya que considera todos los elementos necesarios para la sustentabilidad. Para garantizar su eficiencia, los investigadores deben definir claramente el producto o proceso principal y ser selectivos al elegir métricas sustentables para la medición, lo que se puede lograr utilizando herramientas estadísticas Lean Six Sigma como los 5 porqués, control estadístico de procesos, gráfico de control, gráfico de Pareto, ANOVA y muchos más antes del desarrollo del Sus-VSM [77].

La interpretación del mapa Sus-VSM del estado actual es crucial para determinar el siguiente paso. El proceso/actividad que requiere una acción de mejora adicional se puede identificar a partir de entonces, ya que el Sus-VSM revela una gran cantidad de datos importantes que se traducen en desperdicio. Otro dato importante es el Ratio de Valor Agregado (VAR, por sus siglas en inglés), que se puede obtener dividiendo el valor agregado total, según el parámetro que se esté considerando, con el total sin valor agregado. Cuanto menor sea el valor VAR, mejor será la calidad del producto/proceso y más sustentable será el producto/proceso. También se puede identificar el cuello de botella del proceso y, posteriormente, se puede realizar un estudio sobre la reducción de residuos y la actividad de mejora [77].

### 3.6 MESMIS

Los sistemas productivos sustentables buscan realizar el potencial multifuncional de los recursos que los sostienen, esto es, brindar oportunidades ambientales, sociales y económicas para las generaciones presentes y futuras. El viejo paradigma de maximizar rendimientos y retornos económicos debe dar paso al objetivo de balancear y optimizar la productividad con la equidad social, la viabilidad económica y la conservación de los recursos naturales. Por lo tanto, cualquier intento dirigido a evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales debe combinar medidas de estabilidad productiva con medidas de aceptación sociocultural, protección del ambiente y mejora económica [18].

Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre desarrollo sustentable, y particularmente la que se refiere a la agricultura sustentable, es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad de diferentes proyectos, tecnologías, o agroecosistemas [18].

La metodología MESMIS es una herramienta utilizada internacionalmente, con más de cien casos de estudio, que busca facilitar el camino hacia el desarrollo sustentable de los territorios, incorporando la visión de paisaje funcional y el uso de modelos agroecológicos. El Programa MESMIS inició en el año 1995 en México. Lo desarrolla un grupo de investigación interdisciplinario constituido por varias instituciones académicas que intentan contribuir a resolver varios de los problemas asociados con la evaluación de sustentabilidad (ES) [17].

Se dirige a proyectos agrícolas, forestales y pecuarios llevados a cabo colectiva o individualmente y que se orientan al desarrollo y/o a la investigación. Surge a partir de las inquietudes existentes e intenta cubrir varios de los aspectos trabajados de manera insuficiente en otras metodologías. Para ser internamente consistente con una evaluación de sustentabilidad, el MESMIS integra los siguientes elementos generales [18]:

- a) Delimitación de los atributos básicos de un sistema de manejo de recursos sustentable, tales como productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, adaptabilidad, equidad y autodependencia.

- b) Delimitación del objeto bajo estudio (p. ej. los objetivos y características del sistema de manejo, así como el tiempo y la escala de la evaluación).
- c) Derivación de criterios de diagnóstico y de indicadores concretos relacionados con los atributos de sustentabilidad.
- d) Medición y monitoreo de los indicadores.
- e) Análisis e integración de los resultados de la evaluación.
- f) Propuestas y recomendaciones para la retroalimentación del sistema de manejo y del proceso mismo de evaluación.

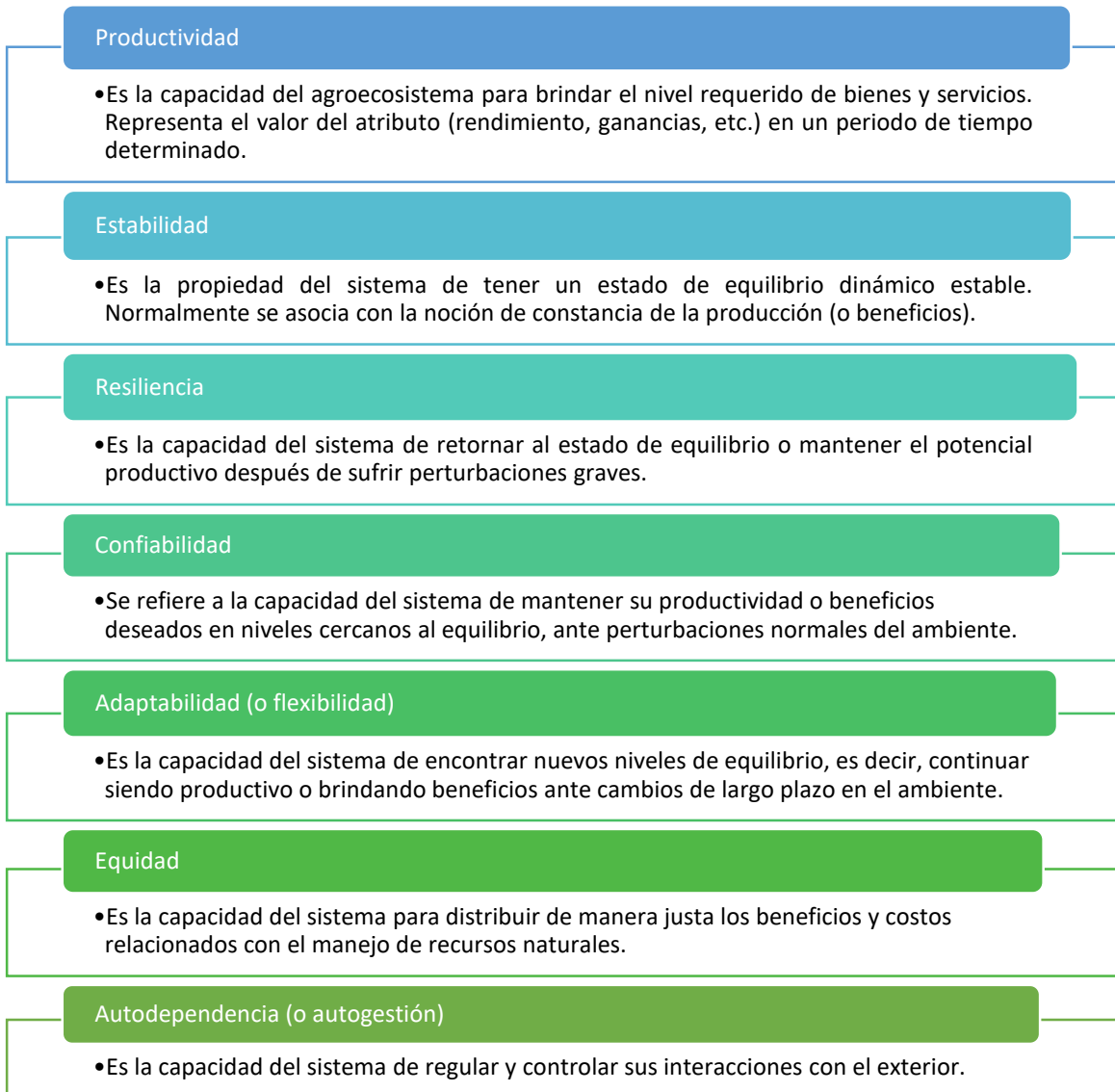
El marco MESMIS propone cuatro premisas metodológicas básicas mencionadas en la figura 6 y una evaluación cíclica hecha a partir de seis pasos. Las premisas son que: (1) la sustentabilidad de los Sistemas de Manejo de los Recursos Naturales (SMRN) se define a partir, de por lo menos, siete atributos sistémicos que son: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, equidad, adaptabilidad y autogestión; (2) se realiza en un contexto específico y que se restringe a una escala espacial y temporal determinada; (3) la evaluación se piensa como un proceso participativo de los diferentes actores involucrados y requiere, por lo tanto, de un equipo interdisciplinario; y (4) la sustentabilidad no se determina per se, sino en términos relativos: a través de una comparación de uno o más SMRN (evaluación transversal) o monitoreando un SMRN a lo largo del tiempo (evaluación longitudinal) [17].



*Figura 6. Los cuatro componentes metodológicos del programa MESMIS.*

Cuando se aplica el marco MESMIS se persiguen dos objetivos: (1) analizar los aspectos o variables que alejan o acercan a los Sistema Socio Ecológicos (SSE) de ser sistemas más productivos, resilientes, confiables, estables, adaptables, equitativos y empoderantes e (2) identificar los aspectos de metodología y manejo en los SSE que necesitan ser mejorados. Es decir, el objetivo central no es la evaluación en sí misma sino generar un proceso de monitoreo continuo que le permita al grupo de gestores y tomadores de decisiones la planificación para la mejora de los SSE [17].

Los siete atributos básicos de la sustentabilidad determinados por el MESMIS se muestran en la figura 7.



*Figura 7. Atributos básicos de la sustentabilidad.*

Genéricamente, existen tres tipos de enfoques para la presentación e integración de resultados: (a) técnicas cuantitativas, (b) técnicas cualitativas, y (c) técnicas gráficas o mixtas. Cada una de las técnicas tiene ciertas ventajas y desventajas. Un último punto importante en la evaluación consiste en explorar e identificar las relaciones entre indicadores, un error común en los análisis de sustentabilidad es suponer que los diferentes indicadores se pueden maximizar simultáneamente de manera independiente. En efecto, una de las críticas más fuertes al modelo de la Revolución Verde en la agricultura ha sido su énfasis en diseñar sistemas en donde se

maximizan los rendimientos, pero a expensas de otras propiedades del sistema (a costa de la pérdida o contaminación de suelos)[18].

Las técnicas cuantitativas se basan en los llamados métodos de análisis estadístico multivariado. Los métodos más utilizados son los análisis de tipo factorial, de componentes principales y de cúmulo, así como la función discriminante. Las principales críticas a los análisis cuantitativos son la dificultad de dar un valor numérico a ciertos indicadores de naturaleza cualitativa y la dificultad para estimar los pesos de cada factor (ponderación) [18].

Las técnicas cualitativas tienen como objetivo integrar los resultados de la evaluación de una manera sencilla y clara. En casos como los análisis de sustentabilidad, en los que se trabaja con un número considerable de indicadores, las técnicas cualitativas son especialmente útiles, pues permiten visualizar conjuntamente el resultado de los diferentes indicadores seleccionados [18].

Las técnicas mixtas combinan una presentación gráfica con información numérica para aquellos indicadores que lo permitan. Un procedimiento que se ha popularizado es el llamado método AMIBA (AMOEBA en inglés) [18]. En este método se dibuja un diagrama radial en el cual cada uno de los indicadores escogidos para el análisis representa un eje por separado, con sus unidades apropiadas. Su claridad representativa hace que sea muy intuitivo en su comprensión pudiendo incorporar todos los indicadores implicados (cualitativos y cuantitativos) y todos los distintos sistemas que se estén evaluando [17].

Para conseguir los objetivos planteados, el equipo evaluador deberá hacer uso de técnicas participativas con los productores, técnicos, investigadores y demás individuos involucrados en la evaluación. Para este fin, el equipo evaluador deberá desarrollar:

- Una valoración de cómo se compara el sistema de referencia con el alternativo en cuanto a su sustentabilidad.
- Una discusión de los elementos principales que permiten o impiden al sistema alternativo mejorar la sustentabilidad con respecto al sistema de referencia [18].

Tomando en cuenta las conclusiones obtenidas, el equipo evaluador debe ofrecer recomendaciones para mejorar el perfil socioambiental de los sistemas de manejo, a través de establecer los aspectos de acción prioritarios, es decir, llevar a cabo un cuidadoso análisis de las características de los sistemas que requieren cambios, jerarquizando las necesidades de acción e investigación para el futuro [18].

### 3.6.1 Indicadores de las tres dimensiones sustentables

Desde la promulgación del concepto de sustentabilidad se estableció la necesidad de obtener una medición de ésta que ayudara a hacer más tangible el concepto. Producto de esto se han desarrollado diversas formas de obtener indicadores de sustentabilidad que expresen de modo simple la condición de sustentabilidad de esos sistemas productivos [49].

A diferencia de una información exclusivamente numérica, un indicador describe un proceso específico o un proceso de control. Los indicadores, por lo tanto, son particulares a los procesos de los que forman parte. Algunos indicadores apropiados para ciertos sistemas pueden ser inapropiados para otros. Por esta razón no existe una lista de indicadores universales, los indicadores concretos dependerán de las características del problema específico bajo estudio, de la escala del proyecto, del tipo de acceso y de la disponibilidad de datos [18].

La lista de indicadores debe incluir solamente aquellos con una influencia crítica para el problema bajo estudio. Para que el esquema de evaluación sea relativamente operativo, los indicadores propuestos deben tener ciertas características indicadas en la figura 8 [18].

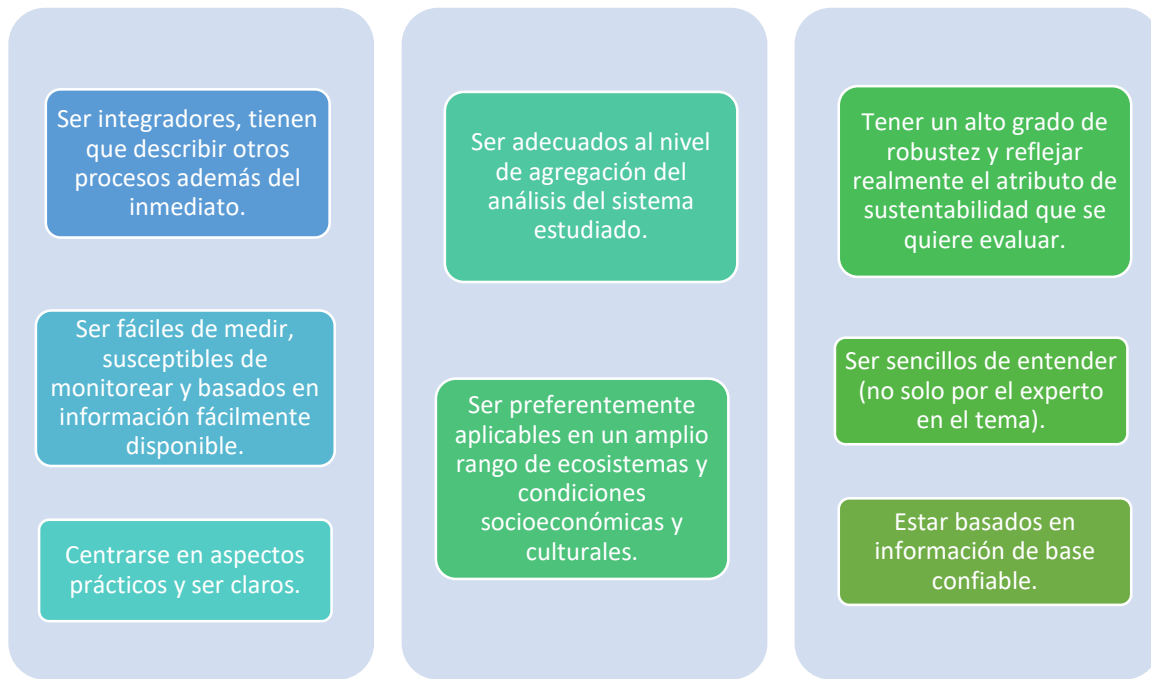


Figura 8. Características de los indicadores.

### ¿Cómo se seleccionan los indicadores en el MESMIS?

1. Se comienza por los atributos generales de sustentabilidad.
2. Se definen los puntos críticos de los sistemas de manejo específicos bajo estudio, asegurándose de que cubran todos los atributos de sustentabilidad.
3. Se define una serie de criterios de diagnóstico específicos que permitan evaluar los puntos críticos del sistema, que cubran las tres dimensiones (social, ambiental y económica).
4. Se realiza una lista de indicadores para cada criterio seleccionado, esto es para asegurar el vínculo entre indicadores, criterios de diagnósticos, puntos críticos y atributos de sustentabilidad.
5. Finalmente, teniendo la lista anterior de los posibles indicadores ambientales, económicos y sociales, es importante hacer una última selección con el propósito de generar el conjunto de indicadores estratégicos con los que se va a trabajar [18].

A continuación, se presenta una lista con algunos indicadores que comúnmente aparecerán en el análisis de sustentabilidad [18]:

**Indicadores económicos.** En este rubro existen varios indicadores convencionales, que comúnmente se dirigen a evaluar la rentabilidad económica de un determinado proyecto de inversión o sistema de manejo. La herramienta más utilizada para este fin es el análisis de costo-beneficio, puede ser de tipo económico o financiero y realizarse bajo una perspectiva social o individual. De este análisis se derivan tres indicadores principales:

1. Relación Beneficio Costo (B/C): es la relación entre los beneficios y costos totales del proyecto, descontados a futuro. Para que un proyecto sea atractivo, la relación beneficio costo debe ser mayor que uno.
2. Valor Presente Neto (VPN): es la diferencia entre los costos y beneficios descontados a futuro. Para que un proyecto sea viable, el VPN debe ser mayor que cero.
3. Tasa Interna de Retorno (TIR): es el valor de la tasa de descuento para la cual  $VPN = 0$  y  $B/C = 1$

Estos indicadores han sido tradicionalmente los más utilizados para evaluar las bondades relativas de diferentes proyectos y tecnologías. Uno de sus mayores atractivos es la apariencia de presentar un diagnóstico objetivo y cuantificable de diferentes opciones [18].

**Indicadores ambientales.** Estos indicadores deben proporcionar la información necesaria sobre la capacidad de los sistemas y de las estrategias propuestas para ser ambientalmente productivos y sustentables. Algunos indicadores importantes son:

- Rendimientos: incluye el cálculo de los rendimientos por cultivo. Monitorea la evolución del volumen total por hectárea del bosque bajo manejo.
- Evolución y variación de rendimientos: trata de estimar la estabilidad y confiabilidad de los sistemas propuestos. Incluye las estimaciones preliminares sobre la variación de rendimientos en relación con plagas, enfermedades y factores físicos.
- Eficiencia energética: se mide como la relación entre la energía obtenida en los productos del sistema y la energía contenida en los insumos utilizados en su producción [18].

**Indicadores sociales.** Este tipo de indicadores se incorpora de forma muy fragmentada o casi por compromiso en las evaluaciones convencionales. Parte del conflicto es que tienden a ser cualitativos y difíciles de definir con cierta precisión, por lo que se dificulta ubicarlos en marcos de evaluación de tipo numérico. Entre los indicadores más relevantes que pueden derivarse para el análisis se cuentan:

- Índices de calidad de vida: este indicador tiene como objetivo estimar el impacto del sistema de manejo en las condiciones físicas de vida de los productores y sus familias. Un indicador importante en este sentido es el índice de nutrición o tasa de desnutrición de los involucrados [18].

Se pueden derivar indicadores de daños de la salud, como la exposición a plaguicidas o índice de intensidad de accidentes de trabajo.

- Capacitación y generación de conocimiento: incluye los aspectos relacionados con la capacitación de los productores u otros mecanismos para el desarrollo y crecimiento de los procesos de aprendizaje, encaminados a aumentar las posibilidades de innovación y adaptación a cambios.
- Indicadores de control: se relacionan con la capacidad de los grupos locales de apropiarse y manejar efectivamente los sistemas propuestos.

Una vez seleccionados los indicadores estratégicos por área de evaluación es conveniente construir un cuadro resumen donde se plasme la lista final de indicadores ambientales, sociales y económicos determinados, con la finalidad de tener una visión de conjunto que garantice que la evaluación haya cubierto todos los puntos críticos del sistema y atributos generales de sustentabilidad. La implementación de este tablero contribuye a que los indicadores seleccionados o contruidos tengan una sólida fundamentación y argumentación, condiciones necesarias para conocer con mayor certeza los condicionantes y los determinantes que actúan sobre un agroecosistema, así como para caracterizar u observar el comportamiento de sus

aspectos claves y sacar a superficie ciertas problemáticas no visualizadas o proponer soluciones plausibles y ajustadas a la escala [18], [49].

En general, las relaciones entre indicadores pueden ser bastante complejas, ya sean sinérgicas (cuando la mejora de un indicador ayuda a mejorar otro), de competencia (cuando la mejora de un indicador implica el empeoramiento de otro), o mixtas (cuando para ciertos niveles de los indicadores los atributos se refuerzan, mientras que para otros niveles compiten) [18].

### 3.7 Instrumento de medición

En las ciencias administrativas se investigan las empresas y las organizaciones con la finalidad de comprenderlas, para así describir su evolución, funcionamiento, conducta y crecimiento. Generalmente, estos fenómenos suelen medirse a través de aproximaciones indirectas, como podrían ser las percepciones o actitudes de los individuos que interactúan en las organizaciones. El valor de esas investigaciones depende, en gran medida, de que su contenido informativo refleje lo más fidedignamente posible el objeto investigado para darle calidad al estudio. La obtención de información útil y fidedigna se logra a través del diseño o construcción de un buen instrumento de medición [79].

Dentro de los requisitos que debe cumplir cualquier instrumento de medición se incluye en su reproductibilidad, utilidad y validez para que sea válido y confiable [80]. La validez indica la capacidad del instrumento para medir el constructo que se pretende cuantificar mientras que la confiabilidad es la propiedad de mostrar resultados similares en repetidas mediciones. La confiabilidad “es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar la validez del instrumento” [81].

La validez aparente es una forma de validez de contenido y “mide el grado en que las preguntas (ítems) parecen medir lo que se proponen”, este grado revela que los ítems del instrumento son adecuados para medir el objeto de estudio [82].

La validez de contenido reviste gran importancia en los casos del diseño de un instrumento o en su traducción a otro idioma, sobre todo cuando los conceptos adquieren connotaciones distintas de una cultura a otra. Este tipo de validez evalúa cualitativamente si el cuestionario (instrumento) abarca todas las variables (dimensiones) del fenómeno que se quiere medir [82].

La validez de contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico del contenido de lo que se quiere medir [79]. Entendiendo como dominio aquel grupo de características que se encuentran comúnmente presentes en el constructo [80].

Este tipo de validez se entiende como una evidencia de que la definición semántica quedó bien recogida en la formulación de los ítems; esto es, el propósito de llevar a cabo la validez de contenido de un instrumento consiste en encontrar evidencias a favor de que los ítems son relevantes para el constructo (lo que se pretende medir) y que representan cada uno de los componentes propuestos en la definición semántica [83], [84].

La validez de contenido es una cuestión de juicio y, por lo tanto, generalmente se estima de manera subjetiva o intersubjetiva empleando el juicio de experto u otros métodos. Los más mencionados en la literatura son: el método de agregados individuales, método del grado de adecuación entre cada ítem y el subdominio, método Delphi, método Lawshe [79].

### 3.7.1 Método Lawshe

Esta metodología consiste en obtener la opinión de un panel de especialistas en las variables a evaluar. Ellos analizan los ítems y responden sobre cada uno en tres categorías: esencial, útil pero no esencial, no necesario. A partir de las respuestas se calcula el número de coincidencias en la categoría esencial, en la cual debe haber más de 50% de acuerdos para considerar que el ítem aporta a la validez de contenido. El consenso se calcula a través de la Razón de Validez de Contenido (CVR, por sus siglas en inglés) [85], definida por la siguiente ecuación:

*Ecuación 1. Razón de Validez de Contenido para cada ítem.*

$$CVR = \frac{n_e - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}}$$

Donde:

$n_e$  = Número de experto que han valorado el ítem como esencial.

$N$  = Total de experto que han evaluado el ítem.

La CVR oscila entre +1 y -1, siendo las puntuaciones positivas las que indican una mejor validez de contenido. Un índice  $CVR = 0$  indica que la mitad de los jueces han evaluado el ítem como esencial; la CVR será negativa cuando el acuerdo ocurre en menos de la mitad de los jueces y será positiva cuando existe más de la mitad de acuerdo entre los jueces [86].

Adicionalmente, se determina el Índice de Validez de Contenido (CVI, por sus siglas en inglés) de todo el instrumento, que especifica la concordancia entre la capacidad solicitada de un dominio específico y el desempeño requerido que intenta medir dicho dominio específico, de acuerdo con la siguiente ecuación:

*Ecuación 2. Fórmula de Índice de Validez de Contenido.*

$$CVI = \frac{\sum_{i=1}^M CVR_i}{M}$$

Donde:

$CVR_i$  = Razón de Validez de Contenido de los ítems aceptables de acuerdo con el criterio de Lawshe.

$M$  = Total de ítems aceptables del instrumento.

El dictamen del instrumento se realiza comparando la información de la tabla 3. Los ítems con baja CVR serán eliminados. Lawshe sugiere que una CVR igual a 0.29 será adecuada cuando se hayan utilizado 40 jueces, una CVR igual a 0.51 será suficiente con 14 expertos, pero una CVR de,

al menos 0.99, será necesaria cuando el número de jueces sea siete o inferior. Como puede observarse en la tabla 3, este método no está previsto para menor de cinco jueces y el valor de la aceptación es decreciente con el número de jueces.

*Tabla 3. Cantidad de jueces y su CVR.*

Número de jueces	Acuerdo en "esencial"	CVR Lawshe
5	5	1
6	6	1
7	7	1
8	7	0.78
9	8	0.75
10	8	0.62
11	9	0.59
12	9	0.56
13	10	0.54
14	11	0.51
15	12	0.49
20	14	0.42
40	26	0.29

Para evitar este problema, se emplea una modificación del método reportada por Tristán, de acuerdo con la siguiente ecuación [86]:

*Ecuación 3. Razón de validez (Lawshe modificado por Tristán).*

$$CVR' = \frac{CVR + 1}{2}$$

Donde:

CVR = Razón de Validez de Contenido para cada ítem.

En el modelo de Lawshe modificado por Tristán, la CVR' no depende de N, y cuando N tiende a 8, la CVR' permanece constante en 0.58; por lo tanto, los ítems se consideran aceptables, esto es, deben formar parte del instrumento cuando su CVR' es igual o mayor a 0.58. De esta manera,

una vez que se obtienen los valores de CVR', se puede determinar el CVI como promedio simple de todos los ítems aceptables [86].

### 3.7.2 Alfa de Cronbach

De forma específica, se refiere al límite inferior de la verdadera fiabilidad del cuestionario. El cálculo de alfa de Cronbach es el coeficiente de la confiabilidad más empleado y se basa en el número de ítems (preguntas) en la encuesta ( $k$ ) y la razón del promedio de la covarianza entre ítems respecto al promedio de la varianza de cada ítem [87]:

*Ecuación 4. Cálculo de alfa de Cronbach (coeficiente de confiabilidad).*

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} + \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_x^2}\right)$$

$\alpha$  = coeficiente de confiabilidad del instrumento

$k$  = número de ítems

$s_i^2$  = varianza individual de ítem donde  $i = 1 \dots, k$

$s_x^2$  = varianza de todos los ítems de la escala

Varios estudios han demostrado que un alfa de Cronbach superior a 0.7 indica una buena consistencia interna, lo que valida la fiabilidad del instrumento para medir el constructo deseado. Este coeficiente se utiliza no solo para evaluar la consistencia general del instrumento, sino también para analizar la fiabilidad de los diferentes dominios que lo componen, asegurando que cada uno de ellos sea coherente y fiable por sí mismo. De este modo, el alfa de Cronbach se presenta como una herramienta clave para garantizar la validez de los instrumentos de medición en diversas áreas de investigación [88], [89].

Para el procesamiento de la información se utiliza el software IBM SPSS Statistics 20. Los ítems y sus resultados obtenidos se registran en una hoja de cálculo de Excel, asignando un valor a cada

respuesta de la escala de Likert. A continuación (tabla 4), se presentan los valores sugeridos para el instrumento. Cada respuesta de los ítems es reemplazada por el valor asignado y transferida al software para proceder con el cálculo del alfa de Cronbach, con el fin de evaluar los resultados, los cuales deben ser superiores a 0.7 para garantizar la fiabilidad del instrumento.

*Tabla 4. Valores utilizados para cada respuesta.*

Por dimensión		Por Eslabón	
Valor	Respuesta	Valor	Respuesta
1	Nunca	1	No se ha realizado
2	Ocasionalmente	2	Posiblemente se considere
3	Frecuentemente	3	En proceso de implementación
4	Siempre	4	Se encuentra implementada
5	No Aplica	5	No Aplica

Un alfa de Cronbach bajo puede indicar problemas con ciertos ítems del instrumento, sugiriendo la necesidad de revisión o eliminación de ítems para mejorar la fiabilidad [90].

### 3.8 Análisis de Componentes Principales

Para llevar a cabo un análisis de clúster, el primer paso consiste en implementar el Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés). Esta técnica permite transformar un conjunto de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas [91].

De manera similar a la técnica utilizada previamente, a cada respuesta se le asigna un valor numérico, el cual se ingresa en el software correspondiente. Posteriormente, el software agrupa los ítems de acuerdo con el análisis realizado, lo que permite identificar los nuevos constructos. A partir de estos constructos, se lleva a cabo la evaluación y se elaboran las conclusiones correspondientes.

## CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra en la figura 9 la metodología que se utilizó para la evaluación de la cadena de suministro sustentable en empresa agrícola, y se describen cada uno de sus pasos.

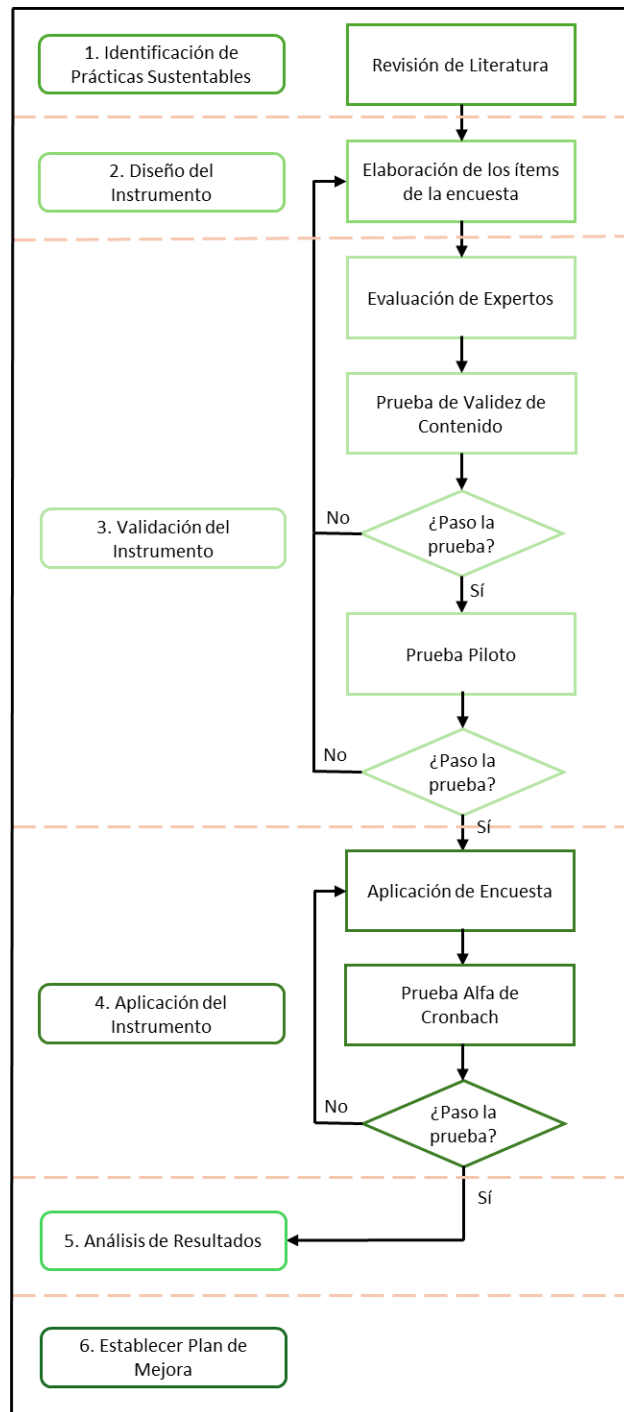


Figura 9. Metodología para evaluar la CSS en empresa agrícola.

#### *4.1. Identificación de Prácticas Sustentables*

Se lleva a cabo una *revisión de la literatura* para definir las variables a analizar para el objetivo de la encuesta a realizar, como las prácticas sustentables relacionadas con la administración de la cadena de suministro y los resultados de desempeño sustentable.

#### *4.2. Diseño del Instrumento*

En base a la información obtenida se definen los constructos a evaluar, a partir de lo cual se identifican las categorías esenciales que deben conformar el instrumento; luego de esto se *elaboran los ítems de la encuesta*.

#### *4.3. Validación del Instrumento*

Se lleva a cabo una *evaluación de expertos*, para ellos se seleccionan los jueces expertos de acuerdo con el perfil requerido para el constructo evaluado. El material para la validación se entrega a los jueces y con la información recolectada se realiza la *prueba de validez de contenido* a través del cálculo por medio del índice de validez de contenido y la razón de validez de contenido (CVR) de Lawshe modificado por Tristán. Si no pasa la prueba se vuelve al paso 2 y se trabaja de nuevo con los ítems.

La validez de contenido se lleva a cabo con el objetivo de determinar el grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide. En este sentido, el método Lawshe modificado por Tristán, se considera un procedimiento adecuado para obtener evidencia de que la definición semántica está bien representada por los ítems formulados.

Si pasa la prueba de validez de contenido se lleva a cabo la *prueba piloto* aplicando la encuesta al menos a 30 personas y los resultados se someten a Alfa de Cronbach si no pasa la prueba se vuelve al paso 2 y se trabaja de nuevo con los ítems.

#### *4.4. Aplicación del Instrumento*

Si pasa la prueba, se realiza la *aplicación de la encuesta* para ello es necesario definir la población, la muestra, el periodo y forma de aplicación.

#### *4.5. Análisis de Resultados*

Al concluir el periodo de aplicación de la encuesta, la información obtenida se analiza a través de estadística descriptiva, para generar los *resultados* de la encuesta.

#### *4.6. Establecer Propuestas de Mejora*

En base a los resultados, se detecta aquellos que son más bajos para a partir de ellos establecer propuestas de mejora, como el uso de herramientas de manufactura esbelta, cuyo objetivo es que todos los procesos y personal involucrado se implique en eliminar desperdicios, aquello que sobra, que no genera valor para el proceso.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la aplicación de la metodología que evaluó la cadena de suministro sustentable en empresas agrícolas.

### 5.1 Identificación de Prácticas Sustentables

De acuerdo con la literatura se analizaron las prácticas sustentables relacionadas con la administración de la cadena de suministro y los resultados de desempeño sustentable. Además, se seleccionaron cuatro eslabones de la cadena de suministro: abastecimiento, fabricación, distribución y servicio al consumidor; así como las tres dimensiones de la sustentabilidad: económica, ambiental y social.

En este paso se identificaron las prácticas asociadas a la gestión del riesgo en las tres dimensiones, por ejemplo:

- Dimensión social:
  - o Prácticas de control de riesgos reputacionales.
  - o Prácticas de control de riesgo en derechos laborales.
  - o Prácticas de control de riesgo en derechos humanos.
- Dimensión ambiental:
  - o Prácticas de control de riesgos de contaminación de recursos naturales.
- Dimensión económica:
  - o Prácticas de control de riesgos financieros.
  - o Prácticas de identificación de los efectos financieros factores externos [92].

### 5.2 Diseño del Instrumento

En este paso se diseñó el instrumento tipo encuesta que permitió evaluar con base en la revisión de literatura los indicadores críticos dentro de las 3 dimensiones de la sustentabilidad, por

ejemplo, los que se muestran en la tabla 5, se tomó como referencia el Marco MESMIS para el diseño y elaboración de cada pregunta (ítem)[17] [93].

Tabla 5. Indicadores críticos por dimensión.

Dimensión Ambiental	Dimensión Económica	Dimensión Social
- Logro de certificaciones ambientales.	- Disminución de los costos de consumo de energía.	- Salud y seguridad de los empleados.
- Reducción en riesgos ambientales.	- Disminución de costos por tratamiento o disposición de residuos.	- Mejora en satisfacción de los empleados.

La figura 10 representa el modelo del instrumento, incluyendo los constructos que se utilizaron para el seguimiento de la validez de la aplicación de éste.

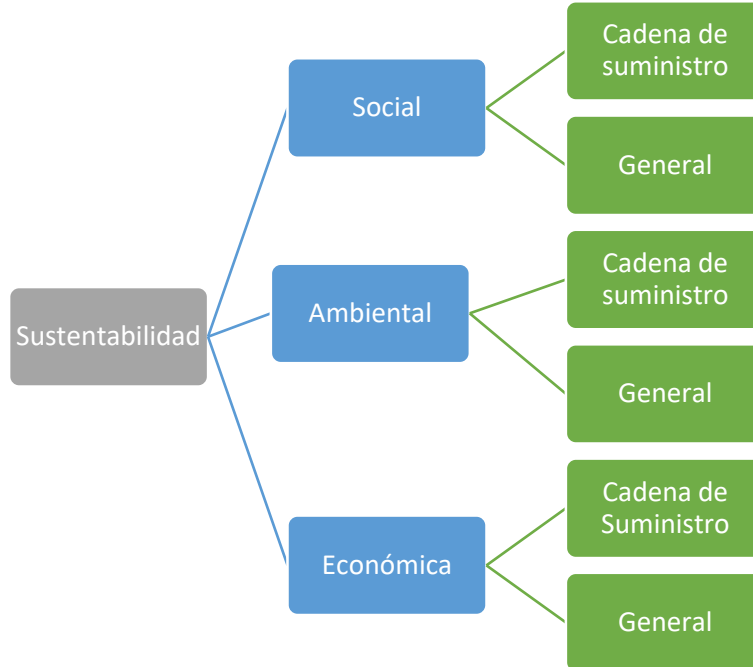


Figura 10. Modelo del Instrumento.

En el Anexo 1 se muestra la encuesta diseñada, la cual está conformada por, un reactivo en el que se le consulta su consentimiento y se deja claro que toda información es anónima y con fines académicos, le siguen 7 reactivos sobre su información demográfica y por último 70 reactivos que se describen a continuación. Para el diseño de la encuesta se optó por dividir los reactivos en 3 secciones, la primera sección recopila brevemente la información laboral del encuestado, la segunda sección corresponde a preguntas de opción múltiple con escala de Likert, y la tercera es una sección de preguntas abiertas asociadas con los constructos evaluados.

Los constructos que se evaluaron son los siguientes:

Sustentabilidad agrícola de dimensión ambiental: está vinculada con los procesos biofísicos y con la continuidad de la productividad y funcionamiento biológico de los agroecosistemas. El propósito de ésta es la obtención de una producción constante o en ascenso a través del tiempo, bajo la condición de mantener la cantidad y calidad de recursos naturales (suelo, agua y biodiversidad) volcados al acto productivo. Tomar las medidas siguientes: la sustitución de fertilizantes químicos por biofertilizantes, la disminución de la quema de residuos, así como el fomento a la agricultura de conservación y el pastoreo planificado [60], [48].

Sustentabilidad agrícola de dimensión económica: entre los factores que impactan esta función se encuentran la complejidad y la madurez del desarrollo del mercado y el nivel de evolución institucional [55]. Es la apropiación, combinación e interacción de los factores de producción. Obtener a lo largo del tiempo un ingreso que permita a los actores sociales involucrados en la agricultura, mantenerse o escalar en el campo económico del que participan, así como eficientizar económicamente el proceso productivo y promover la distribución equitativa de los factores de producción del campo y de los beneficios de su puesta en funcionamiento [49]. Sin embargo, no basta con producir demasiado, sino que además es primordial que dicha producción se elabore sin deteriorar los recursos excluyentes en el proceso, debe ser sustentable, ya que, si se produce a costa del medio ambiente, se genera un bienestar inmediato que, a largo plazo, provocaría graves problemas ambientales, políticos y sociales [56], [7].

Sustentabilidad agrícola de dimensión social: está enfocada a tener una vida mejor y en armonía, con una actitud socialmente responsable y sin comprometer el sustento de las generaciones futuras, haciendo así un mundo más estable, contribuyendo no solo en el ámbito económico, sino en la integración social adaptándose armónicamente con valores para una sana convivencia entre los seres humanos y la interacción con la naturaleza. Implica el buen funcionamiento de los mercados laborales, un alto nivel de empleo, sistemas culturales y sociales estables y prósperos, desarrollar un modo de producción que a través del tiempo otorgue beneficios constantes para reproducir de manera desarrollada el capital social puesto en funcionamiento bajo condiciones dignas de trabajo, además de contemplar el criterio de equidad en la búsqueda de prosperidad y oportunidades sociales. Adicionalmente, una parte de la sustentabilidad social está relacionada con los aspectos institucionales, ya que colaboran con la habilidad de gestionar tareas de forma confiable, mayor resiliencia y menor vulnerabilidad [57], [49].

Es clave mantener la vitalidad de las comunidades rurales para garantizar la sustentabilidad de la agroecología y mejorar la calidad de vida de la población rural, especialmente entre los jóvenes. Además, es crítico aprovechar los conocimientos locales y establecer relaciones entre los recursos de competencia técnica, información y asesoría locales y extranjeras. La función social de la agricultura se basa en la conservación del legado cultural ya que las comunidades rurales siguen identificándose con sus orígenes históricos [55].

Agricultura sustentable: la agricultura y las actividades afines son fundamentales para sustentar todas las actividades humanas y garantizar un futuro con seguridad alimentaria. La misma centra su atención en la orientación y mejora de la agricultura convencional a nivel mundial para demandar la idea de aumentar o mantener los niveles de producción agrícola, sin sobreexplotar los recursos sociales y naturales volcados al acto productivo. Es decir, una agricultura sustentable busca incorporar, de forma integrada e igualitaria, aspectos económicos, ambientales y sociales [49].

Sin embargo, problemas significativos como la población en constante crecimiento y la competencia despiadada por los recursos representan una amenaza continua para las cadenas de suministro agrícola. Para superar los desafíos complejos cada vez mayores en las cadenas de suministro agrícola y los sistemas de producción, los avances en la agricultura de precisión, la agricultura inteligente y la colaboración eficaz en la cadena de suministro son fundamentales para abordar los desafíos de sustentabilidad agrícola [94].

Prácticas ambientales: el manejo integrado de plagas, el reciclaje de nutrientes para el mejoramiento y conservación del suelo, la cobertura vegetal en los cultivos y el uso de semillas híbridas con modificaciones genéticas. Éstos, con frecuencia, se consideran una opción para aumentar la productividad por dos razones: primero, porque requieren de menos terreno para producir lo mismo, con lo que se reduce el gasto de energía y combustible al disminuir el uso de maquinaria agrícola; segundo, porque disminuye el uso de agroquímicos, sobre todo de pesticidas, debido a que los cultivos suelen ser más resistentes a plagas comunes. Ambos factores reducen la contaminación al medio ambiente [58].

El instrumento resultante, antes de la validación, quedó integrado por 72 ítems agrupados en cuatro variables fundamentales, cuya técnica de escalamiento es tipo Likert de cuatro categorías de respuesta en la cual las anclas son 1 = nunca y 4 = siempre.

La tabla 6 contiene las prácticas de la sustentabilidad, en donde se muestra la dimensión, el número de ítems y el origen o referencia del ítem, en ella se puede observar que la dimensión ambiental tiene 9 ítems, la dimensión económica tiene 8 ítems y la dimensión social tiene 9 ítems.

Los ítems cuyo origen o referencia es ODS se obtuvieron de la página oficial de la FAO del indicador 2.4.1 “Agricultura Sostenible” de los ODS [95]. Los ítems cuyo origen es MESMIS provienen del libro “Sustentabilidad y manejo de recursos naturales” [18]. Los ítems de origen Tesis se tomaron como referencia de un instrumento implementado en la ciudad de Mexicali

para giro industrial [93]. Los ítems de origen Sus-VSM provienen del libro “*Customer Value, Value Stream, Continuous Flow, Pull Process and Continuous Improvement*” [23].

Tabla 6. Origen de los ítems de la sección Prácticas de la sustentabilidad.

Prácticas de la Sustentabilidad					
Ambientales	Origen	Económicas	Origen	Sociales	Origen
1	ODS	10	MESMIS	18	Tesis
2	Tesis	11	Tesis	19	Tesis
3	Tesis	12	Tesis	20	Sus-VSM
4	Tesis	13	Tesis	21	MESMIS
5	Tesis	14	Sus-VSM	22	Tesis
6	Tesis	15	MESMIS	23	Tesis
7	Sus-VSM	16	MESMIS	24	Tesis
8	ODS	17	MESMIS	25	Tesis
9	ODS			26	MESMIS

La tabla 7 contiene las Prácticas Sustentables de la Cadena de Suministro, en donde se muestran los eslabones de la cadena de suministro, al igual que en la tabla 6 se muestra el número de ítems y el origen o referencia del ítem, en ella se puede observar que el eslabón de abastecimiento tiene 9 ítems, el eslabón de fabricación tiene 7 ítems, el eslabón distribución tiene 8 ítems y por último el eslabón hacia el consumidor tiene 6 ítems.

La investigación es considerada básica ya que genera conocimiento e investiga la relación entre constructos, utiliza un diseño descriptivo dado que tiene la finalidad de ampliar y precisar las prácticas sustentables utilizadas en la cadena de suministro en empresas agrícolas de la localidad, y además busca evaluar los indicadores manejados por esta población.

A su vez, es cuantitativa dado a que su instrumento estandarizado es un cuestionario estructurado validado por expertos, dicho cuestionario es probado a través de un alfa de Cronbach cuyo coeficiente sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida.

Tabla 7. Origen de los ítems de las Prácticas Sustentables de la Cadena de Suministro.

Prácticas Sustentables de la Cadena de Suministro							
Abastecimiento	Origen	Fabricación	Origen	Distribución	Origen	Hacia el consumidor	Origen
27	Tesis	36	Tesis	43	MESMIS	51	Tesis
28	Tesis	37	Tesis	44	Tesis	52	MESMIS
29	Tesis	38	MESMIS	45	Tesis	53	Tesis
30	Sus-VSM	39	MESMIS	46	Tesis	54	Sus-VSM
31	Tesis	40	Tesis	47	Tesis	55	Tesis
32	Sus-VSM	41	Tesis	48	Tesis	56	MESMIS
33	Sus-VSM	42	Sus-VSM	49	Tesis		
34	Sus-VSM			50	Sus-VSM		
35	Sus-VSM						

### 5.3 Validación del Instrumento

Una vez construida la primera propuesta del instrumento según el objeto de estudio, se procedió a validar el instrumento, a través de tres etapas: evaluación de expertos, validación y prueba piloto.

#### ***Evaluación de Expertos***

Para la validación se utilizó la opinión de expertos. Este grupo estaba conformado por cinco profesionales, 2 en el área de agricultura, y 3 en el área de cadena de suministro, egresados de diferentes universidades. Para la evaluación del instrumento, se solicitó a los expertos calificar los ítems mediante una ponderación de cada ítem con un valor del 1 al 3 como lo indica la tabla 8. El instructivo para el experto se presenta en el anexo 2.

Tabla 8. Escala de la evaluación por expertos.

1	2	3
Esencial	Útil pero no esencial	No necesario

Así, cada experto decidió si el ítem era: esencial, útil pero no esencial o no esencial para lograr el objetivo del instrumento.

### **Prueba de Validez de Contenido**

Las respuestas de los expertos se agruparon en la tabla 9, la primera columna es el número de ítem, la siguiente columna es el promedio total de expertos que votaron por “Esencial” a ese ítem, y la última columna es únicamente el promedio de CVR que debe ser mayor que 0.58, por lo tanto, si obtiene un valor mayor a 0.58 se aprueba el ítem, pero si es menor se rechaza el ítem.

En esta tabla, el color gris se utilizó para identificar los 10 ítems que fueron eliminados, debido a que calificaron por debajo del valor aceptable de 0.58 en este caso, el instrumento quedó integrado por 62 ítems.

Sin embargo, el valor de la validez del método Lawshe modificado por Tristán produce una aceptación de 81 % por lo que es aceptable. Gracias a los expertos, sus evaluaciones y comentarios, se agregaron 10 nuevos ítems en la sección de preguntas abiertas y de opción múltiple, por lo que el instrumento final quedó construido por 72 ítems (véase el Anexo 1).

Tabla 9. Resultados de la valoración de expertos.

Ítem	Promedio total	CVR > 0.58	Ítem	Promedio total	CVR > 0.58
1	1	1	37	0.6	0.6
2	1	1	38	0.6	0.6
3	0.8	0.8	39	1	1
4	0.6	0.6	40	1	1
5	0.8	0.8	41	1	1
6	0.4		42	0.4	
7	1	1	43	1	1
8	0.6	0.6	44	0.8	0.8
9	1	1	45	1	1
10	1	1	46	0.8	0.8
11	0.8	0.8	47	1	1
12	0.8	0.8	48	1	1
13	0.4		49	1	1
14	0.6	0.6	50	1	1
15	0.6	0.6	51	1	1
16	0.6	0.6	52	0.6	0.6
17	1	1	53	1	1
18	0.8	0.8	54	0.6	0.6
19	0.6	0.6	55	0.6	0.6
20	0.8	0.8	56	1	1
21	0.8	0.8	57	0.4	
22	0.4		58	0.6	0.6
23	0.8	0.8	59	1	1
24	1	1	60	0.6	0.6
25	0.2		61	0.4	
26	0.8	0.8	62	1	1
27	0.8	0.8	63	1	1
28	0.6	0.6	64	0.4	
29	0.6	0.6	65	0.4	
30	0.6	0.6	66	0.4	
31	0.8	0.8	67	1	1
32	0.6	0.6	68	0.6	0.6
33	0.8	0.8	69	0.6	0.6
34	0.6	0.6	70	1	1
35	1	1	71	0.8	0.8
36	0.6	0.6	72	0.8	0.8
			Prom	0.75278	0.81290

## Prueba Piloto

Una vez definida la encuesta, se procedió a evaluar la fiabilidad del instrumento. Para tal fin, se aplicó a una muestra integrada por 30 participantes anónimos, de entre 1 y más de 15 años de experiencia en empresas agrícolas de Mexicali y su Valle. Con los resultados de la prueba piloto se obtuvo el valor del alfa de Cronbach (0.970), el cual es un valor aceptable, debido a que se encuentra por encima de los valores mínimos que generalmente se utilizan (0.70). Por lo tanto, el instrumento se considera viable y fiable para ser aplicado a la población de interés. [96].

En la tabla 10 se muestran los cuatro constructos determinados como eslabones de la cadena de suministro en donde todos los resultados arrojados por el software SPSS superan el valor mínimo aceptable de 0.70.

*Tabla 10. Estadísticos de fiabilidad del constructo por eslabón en la muestra.*

Constructo por Eslabón	ID del constructo	Alfa de Cronbach	No. de elementos
Prácticas sustentables en el abastecimiento	PSA	.959	9
Prácticas sustentables en la fabricación	PSF	.885	7
Prácticas sustentables en la distribución	PSD	.944	8
Prácticas sustentables hacia el consumidor	PSC	.953	6
Prácticas sustentables totales de la cadena de suministro	Total	.970	30

La tabla 11 muestra los resultados que arroja el software IBM SPSS Statistics 20 en el resto de los constructos, que son las 3 dimensiones de la sustentabilidad, las cuales también superaron el mínimo aceptable.

*Tabla 11. Estadístico de fiabilidad del constructo por dimensión en la muestra.*

Constructo por Dimensión	ID del constructo	Alfa de Cronbach	No. de elementos
Prácticas ambientales de la sustentabilidad	PAS	.944	9
Prácticas económicas de la sustentabilidad	PES	.863	8
Prácticas sociales de la sustentabilidad	PSS	.897	9
Prácticas de la sustentabilidad totales	Total	.949	26

## 5.4 Aplicación del Instrumento

El período de recolección de datos se extendió durante seis meses, de enero a junio de 2024. La encuesta fue administrada a través de la plataforma Google Forms, y se distribuyó mediante correo electrónico y redes sociales al personal de empresas agrícolas ubicadas en Mexicali y su Valle. Se empleó el método de bola de nieve para la recopilación de respuestas, solicitando en la última pregunta el nombre de alguna empresa agrícola de la región, con el objetivo de ampliar la red de contactos y enviar el enlace de la encuesta a nuevos participantes.

El instrumento fue diseñado para que el personal administrativo, ya sea gerencia o auxiliar, y el personal operativo, ya sea gerencial o de supervisión fuera apto para contestarlo. Se respondieron 87 encuestas, de las cuales 86 fueron válidas y se desechó 1 debido a que en la primera parte de consentimiento el encuestado seleccionó la opción de “no”, la cual hace referencia a que no está de acuerdo en participar y autoriza el uso de su información con fines de análisis

## 5.5 Análisis de Resultados

A continuación, se describen los resultados de cada sección de la encuesta:

### ***Primera sección de la encuesta: datos laborales del encuestado.***

Los siguientes datos corresponden a la información laboral de la muestra de 86 encuestados, en donde el 76 % de ellos trabaja en una empresa ubicada en Mexicali que también tiene operaciones en otros municipios y estados, siendo San Luis Río Colorado el más destacado.

En cuanto a la experiencia laboral de los encuestados, se distribuye de la siguiente manera (véase en figura 11):

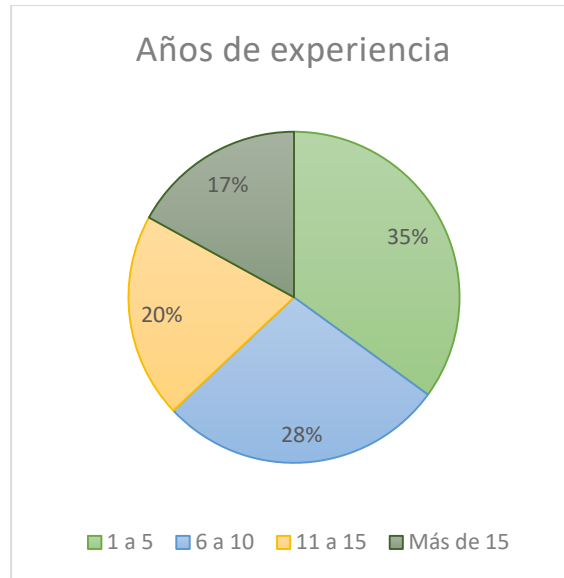


Figura 11. Porcentaje de encuestados y sus años de experiencia laboral.

El 70 % de los puestos corresponden a funciones administrativas, destacándose en los primeros lugares el área contable, que representa el 18 % de los cargos, seguido por los auxiliares administrativos con un 15 %, y los puestos de nómina con un 9 %. El 33 % restante se compone de puestos operativos, siendo los más relevantes el 12 % de supervisores operativos, seguido por los cargos de auditor interno y de seguridad e higiene/inocuidad, cada uno con un 6 %.

**Segunda sección de la encuesta: preguntas de opción múltiple con escala de Likert respecto a los constructos.**

En la tabla 12 se muestran los cuatro constructos determinados como eslabones de la cadena de suministro que todos los resultados arrojados por el software SPSS superan el valor mínimo aceptable de 0.70.

Tabla 12. Estadístico de fiabilidad en el constructo por dimensión de la población.

Prácticas de la Sustentabilidad			
Constructo por Dimensión	ID del constructo	Alfa de Cronbach	No. de elementos
Prácticas ambientales de la sustentabilidad	PAS	.945	9

Prácticas económicas de la sustentabilidad	PES	.854	8
Prácticas sociales de la sustentabilidad	PSS	.906	9
	Total	.955	26

La tabla 13 muestra los resultados obtenidos sobre los constructos determinados por eslabón de la cadena de suministro, que también superaron el 0.70 mínimo aceptable.

*Tabla 13. Estadístico de fiabilidad en el constructo por eslabón de la población.*

Prácticas Sustentables de la Cadena de Suministro			
Constructo por Eslabón	ID del constructo	Alfa de Cronbach	No. de elementos
Prácticas sustentables en el abastecimiento	PSA	.958	9
Prácticas sustentables en la fabricación	PSF	.893	7
Prácticas sustentables en la distribución	PSD	.918	8
Prácticas sustentables hacia el consumidor	PSC	.942	6
	Total	.969	30

El Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés), es una herramienta estadística que sirve para disminuir la dimensionalidad del conjunto de datos mediante su proyección en un espacio de menor dimensión. Esta técnica facilita la identificación y captura de los patrones y variaciones más relevantes en los datos. La selección de esta técnica se justifica en que facilita la transformación de un conjunto de variables correlacionadas en un nuevo conjunto de variables que no presentan correlación entre sí [97] En el caso particular de este estudio, el PCA sirve para evaluar si las variables manifiestas (ítems) realmente describen los constructos teóricos descritos en la literatura, con su aplicación en una investigación empírica.

En la tabla 14 se demuestra que el objetivo fue reducir el número de componentes de la sección “Dimensiones de la sustentabilidad” mediante la selección de las variables más significativas. Los

datos se analizaron utilizando PCA, lo que permitió identificar 6 variables correlacionados con las dimensiones de la sustentabilidad en las empresas agrícolas de la ciudad de Mexicali.

*Tabla 14. Varianza total explicada por dimensiones de la sustentabilidad.  
Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.*

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	12.263	47.165	47.165	12.263	47.165	47.165	6.437	24.758	24.758
2	2.298	8.837	56.002	2.298	8.837	56.002	2.861	11.003	35.761
3	1.551	5.964	61.966	1.551	5.964	61.966	2.612	10.045	45.806
4	1.282	4.930	66.896	1.282	4.930	66.896	2.608	10.030	55.836
5	1.070	4.114	71.010	1.070	4.114	71.010	2.566	9.871	65.707
6	1.014	3.900	74.911	1.014	3.900	74.911	2.393	9.204	74.911
7	.851	3.273	78.184						
8	.696	2.677	80.860						
9	.676	2.602	83.462						
10	.562	2.162	85.624						
11	.502	1.932	87.556						
12	.431	1.659	89.214						
13	.411	1.582	90.797						
14	.376	1.446	92.243						
15	.324	1.246	93.489						
16	.278	1.071	94.560						
17	.246	.946	95.506						
18	.236	.906	96.412						
19	.177	.682	97.094						
20	.152	.586	97.680						
21	.148	.568	98.248						
22	.132	.509	98.756						
23	.113	.433	99.190						
24	.097	.372	99.562						
25	.060	.232	99.794						
26	.053	.206	100.000						

Este método de agrupamiento ayuda a identificar los ítems que exhiben variaciones similares en las dimensiones social, ambiental y económicas de la sustentabilidad, expuesto en la tabla 15. Además, se analizó una matriz de correlación para examinar las relaciones entre los constructos.

*Tabla 15. Matriz de componentes rotados por dimensiones de la sustentabilidad.  
Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.*

ÍTEM	Componente					
	1	2	3	4	5	6
PAS1	<b>.511</b>	-.307	.247	.114	.384	.319
PAS2	<b>.729</b>	.130	.247	-.152	.290	.173
PAS3	<b>.811</b>	.145	.071	.213	.184	.114
PAS4	<b>.696</b>	.259	.193	.020	.338	.125
PAS5	<b>.815</b>	.084	.133	.230	.094	.232
PAS6	<b>.816</b>	.076	.110	.212	.147	.208
PAS7	<b>.758</b>	-.022	.299	.295	.054	.206
PAS8	<b>.775</b>	.395	.173	.049	.119	.075
PAS9	<b>.701</b>	.387	.185	-.108	.141	.210
PES10	.361	.151	.079	.299	.045	<b>.705</b>
PES11	<b>.484</b>	-.107	.241	.475	.131	.219
PES12	.274	.113	.109	.116	<b>.863</b>	.133
PES13	.177	.149	.174	.166	<b>.835</b>	.211
PES14	.273	-.075	<b>.686</b>	.147	.392	.128
PES15	.428	.147	.115	.330	<b>.462</b>	.127
PES16	.291	.209	.039	.059	.279	<b>.737</b>
PES17	.211	.267	.332	.128	.245	<b>.759</b>
PSS18	.172	.451	<b>.683</b>	-.006	-.005	.308
PSS19	.375	.291	<b>.642</b>	.325	.169	.036
PSS20	.302	.214	<b>.573</b>	.462	.163	.035
PSS21	<b>.475</b>	.352	.431	.284	.057	.180
PSS22	.204	<b>.799</b>	.126	.204	.149	.219
PSS23	.189	<b>.768</b>	.162	.326	.128	.159
PSS24	.220	.386	.036	<b>.738</b>	.083	.089
PSS25	.185	<b>.512</b>	.294	.445	.083	.227
PSS26	-.027	.183	.197	<b>.728</b>	.207	.147

Esta matriz (tabla 16) proporciona información sobre cómo se relacionan los constructos entre sí, basándose en las concentraciones de los datos después de 8 iteraciones. Los diferentes colores de fondo representan las 3 dimensiones teóricas de la sustentabilidad, mientras que los 6

diferentes colores de letra muestran las agrupaciones correspondientes de cada ítem identificadas por la aplicación en campo, lo que generó 6 nuevos subconstructos.

*Tabla 16. Matriz de componentes rotados por dimensiones de la sustentabilidad.  
Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.*

ÍTEM	Componente					
	1	2	3	4	5	6
PAS1	.511					
PAS2	.729					
PAS3	.811					
PAS4	.696					
PAS5	.815					
PAS6	.816					
PAS7	.758					
PAS8	.775					
PAS9	.701					
PES10						.705
PES11	.484					
PES12					.863	
PES13					.835	
PES14			.686			
PES15					.462	
PES16						.737
PES17						.759
PSS18			.683			
PSS19			.642			
PSS20			.573			
PSS21	.475					
PSS22		.799				
PSS23		.768				
PSS24				.738		
PSS25		.512				
PSS26				.728		

Como consecuencia de la aplicación de este análisis, los tres constructos se dividen en seis y son renombrados de acuerdo con el principal tema en común que comparten cada uno de sus ítems, para facilitar la lista de los nuevos constructos son denominados con “D#” ya que se trata de la sección “Dimensiones de la sustentabilidad”:

D1. La sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial: todos sus ítems reflejan un compromiso integral con la protección del medio ambiente, la implementación de prácticas sustentables en las operaciones y el diseño de productos, así como la asignación de recursos y la promoción de la concientización ambiental dentro de la organización. La responsabilidad social ambiental influye significativamente en el compromiso ambiental de los equipos de alta dirección, lo que conduce a una mayor innovación ambiental en las empresas agrícolas [98].

D2. El enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable: sus ítems reflejan una estrategia que prioriza la salud, la educación y la integración de prácticas sociales, buscando no solo el éxito empresarial, sino también un impacto positivo en la comunidad. La agricultura sustentable y comunitaria contribuye significativamente al bienestar comunitario y al desarrollo sustentable. Prácticas como la agricultura apoyada por la comunidad y la agricultura urbana mejoran la salud de los consumidores y fomentan comportamientos sustentables, además de ser económicamente viables y eficientes en el uso de recursos. No obstante, es necesario enfrentar desafíos mediante el fortalecimiento del apoyo a los miembros, la mejora en la gestión y el cambio de políticas [99], [100].

D3. La sustentabilidad y responsabilidad social empresarial: todos sus ítems reflejan un compromiso con la protección del medio ambiente, la salud y seguridad de los empleados, la formación en prácticas sustentables y la colaboración con la cadena de suministro, destacando un enfoque integral hacia el desarrollo responsable y ético. La responsabilidad social empresarial en la agricultura es fundamental para fomentar prácticas sustentables y éticas que benefician a empresas y comunidades rurales. Las empresas del sector implementan medidas para mitigar el cambio climático, optimizar el rendimiento financiero y contribuir al desarrollo rural. Estas iniciativas no solo mejoran la reputación y eficiencia operativa, sino que también fortalecen la cohesión social y el desarrollo económico en las áreas rurales [101],[102] .

D4. La participación y el bienestar del empleado: ambos ítems reflejan un enfoque en la comunicación abierta y la valoración de las opiniones de los trabajadores, lo que contribuye a un ambiente laboral más inclusivo y a una mayor satisfacción en el trabajo. Las altas demandas laborales impactan negativamente la salud de los trabajadores agrícolas, mientras que la disponibilidad de recursos laborales mejora su bienestar. Para mejorar la participación y el bienestar de los empleados en este sector, es crucial abordar las demandas laborales y los recursos disponibles, así como fomentar políticas que promuevan la participación juvenil y la conexión con la agricultura comunitaria [103], [104].

D5. La gestión sustentable de recursos y la Economía Circular (EC): sus ítems destacan la importancia de minimizar el desperdicio a través de la venta de materiales de desecho y reciclados, así como la formación del personal en prácticas económicas responsables, promoviendo un enfoque más sustentable y consciente en la empresa. Aunque aún existen brechas en la adaptación del marco teórico de la EC al sector agrícola, se están desarrollando estrategias y regulaciones específicas. La EC busca cerrar los ciclos de vida de productos, servicios, residuos, agua y energía, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y reduciendo el impacto ecológico [105], [106].

D6. La gestión del riesgo económico y la optimización de recursos: Los ítems se centran en identificar, analizar y mitigar riesgos financieros, así como en mejorar la eficiencia económica a través de la evaluación de resultados y proyectos de ahorro. Los modelos de optimización, la gestión de riesgos empresariales y los enfoques multiobjetivo ofrecen herramientas significativas para los agricultores. Asimismo, la adopción de modelos de negocio circulares puede generar nuevas oportunidades para valorizar los residuos agrícolas y potenciar la sustentabilidad [107].

El PCA permitió extraer los componentes principales que mejor explican la variabilidad de los datos, específicamente de la sección de la encuesta “Dimensiones de la sustentabilidad” facilitando así la construcción de un modelo representativo de los factores clave que influyen en el fenómeno de estudio.

La figura 12 ilustra el modelo resultante del análisis, donde los componentes principales identificados se muestran como elementos interconectados, reflejando las relaciones y la importancia relativa de cada factor dentro del nuevo modelo.

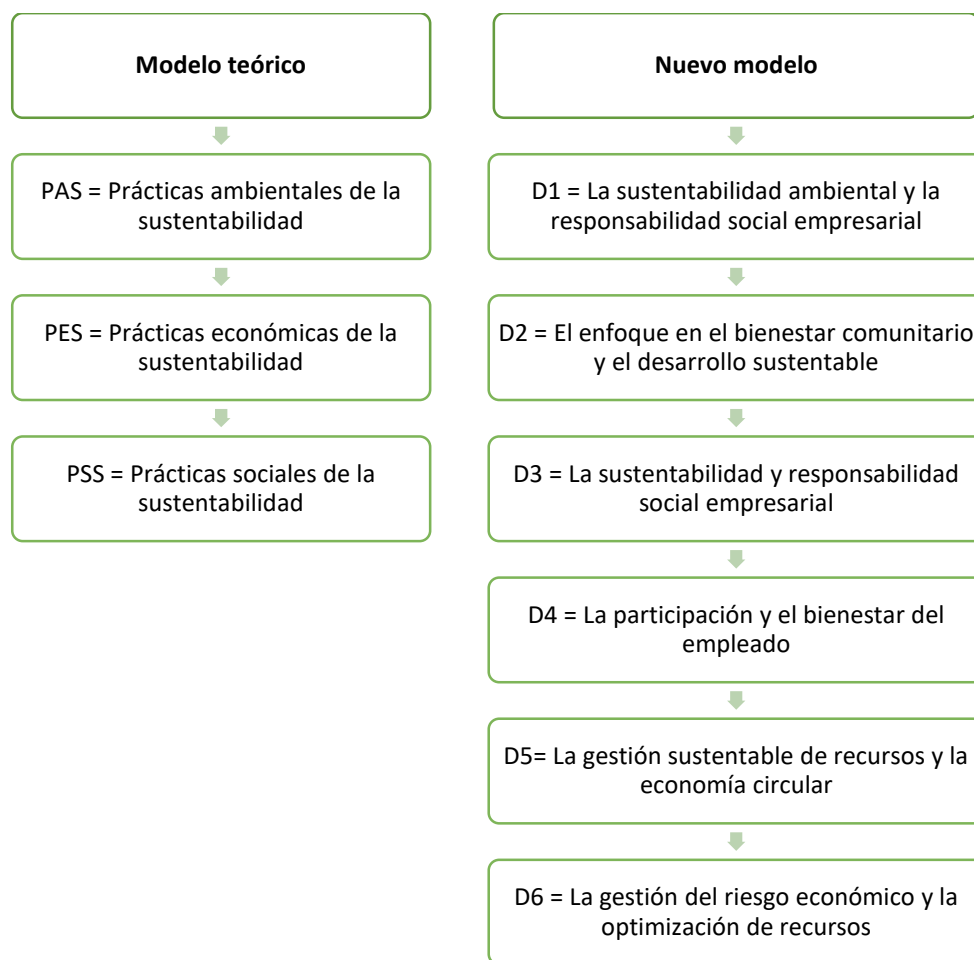


Figura 12. Nuevos constructos de las dimensiones de la sustentabilidad.

Los porcentajes totales de las respuestas obtenidas se dividieron en los 6 nuevos subconstructos. Además, se calculó el porcentaje total a favor, sumando el resultado de las opciones frecuentemente y siempre. Asimismo, se utilizó un código de colores en las tablas de respuestas (ver tabla 17) color verde para identificar las áreas atendidas y que obtuvieron 80 % o más; color

amarillo para las áreas que tienen oportunidad de mejora y que obtuvieron de 60 a 79 %; y de color rojo las áreas que requieren atención especial y que obtuvieron 59 % o menos.

*Tabla 17. Código de Colores.*

% total a favor	Resultado
80 – 100 %	Cumple (área atendida).
60 - 79 %	Cumple parcialmente (área de mejora).
0 - 59 %	No Cumple (requiere atención especial).

En la tabla 18 se muestran los resultados de la estadística descriptiva del primer constructo de la sección Dimensiones de la sustentabilidad nombrado “sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial”, en la primera columna se encuentran los 11 ítems que lo conforman, cada ítem comienza con su ID de identificación como lo explica la tabla 10. En ella se observa que para el primer ítem donde se cuestiona si se toman en cuenta factores ambientales en el sistema de evaluación de desempeño interno el 84 % respondió de manera positiva, de igual modo, para el siguiente ítem el 83 % utiliza un sistema de gestión ambiental, sin embargo en el siguiente ítem solo el 77 % de los encuestados confirmaron que sus productos son diseñados con un enfoque en el cuidado del medio ambiente, lo que muestra que, aunque la mayoría de los encuestados demuestra una conciencia sobre la importancia de la sustentabilidad y la gestión ambiental, aún existe un margen de mejora en la integración de este enfoque en todas las etapas de sus procesos, especialmente en el diseño de productos.

Se abordaron varios aspectos clave del compromiso ambiental de la empresa. El 80 % de los encuestados afirmó que la empresa desarrolla productos seguros desde la perspectiva ambiental, lo que refleja una sólida estrategia para garantizar que los productos no solo sean efectivos, sino también respetuosos con el medio ambiente. Además, un 69 % indicó que se asignan recursos en el presupuesto anual para la mejora ambiental, el 79 % de los encuestados destacó que la empresa integra prácticas ambientales, como la producción más limpia y el reciclaje, en sus actividades estratégicas y operacionales, lo que muestra que, aunque existe una asignación

significativa, aún se podría incrementar el enfoque y los recursos destinados a la sustentabilidad y considerar un esfuerzo por incorporar el cuidado del medio ambiente en las operaciones diarias.

En cuanto a la elaboración de informes anuales de sustentabilidad que incluyan indicadores de energía eléctrica y consumo de agua, un 69 % de los encuestados señaló que la empresa realiza estos informes, lo que indica un enfoque hacia la transparencia en la gestión de recursos, aunque hay espacio para mejorar la sistematicidad y profundidad de estos reportes. Asimismo, un 73 % de los participantes indicó que la empresa cuenta con una política ambiental que incluye programas de concientización en el cuidado del medio ambiente, lo que refleja un esfuerzo por sensibilizar y capacitar a los empleados en prácticas sostenibles. Un 83 % afirmó que la empresa cumple con la legislación ambiental correspondiente, lo que destaca el compromiso de la organización por alinearse con las normativas legales y garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales.

La encuesta reveló dos áreas clave relacionadas con la sustentabilidad y la responsabilidad social dentro de la empresa. Un 43 % de los encuestados indicó que la empresa invierte en tecnologías limpias, como energía solar, autos eléctricos y materias primas amigables con el medio ambiente, lo que sugiere que, aunque se están dando algunos pasos hacia la sustentabilidad, aún existe un considerable margen de mejora en la adopción de estas tecnologías. Por otro lado, un 70 % afirmó que las prácticas de responsabilidad social son promovidas e implementadas de manera efectiva desde la alta gerencia, lo que refleja un compromiso sólido con la integración de la responsabilidad social en la estructura organizacional.

Tabla 18. Respuestas de la sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial.

ÍTEM	Nunca	Ocasional-mente	No Aplica	Frecuente-mente	Siempre	% total en contra	% total a favor
PAS1. Se toman en cuenta factores ambientales en el sistema de evaluación de desempeño interno (ejemplos: consumo de energía, generación de residuos, medición de accidentes ambientales, consumo de agua, uso de materiales y componentes peligrosos, emisiones de aire).	9%	6%	1%	42%	42%	16%	84%
PAS2. Se utiliza un sistema de gestión ambiental.	6%	8%	3%	42%	41%	17%	83%
PAS3. Los productos son diseñados con un enfoque en el cuidado del medio ambiente (ecodiseño, economía circular, materiales compostables, biodegradables, bajo consumo energético, cuidado del agua).	6%	13%	5%	36%	41%	23%	77%
PAS4. La empresa desarrolla productos seguros desde la perspectiva ambiental.	5%	12%	3%	38%	42%	20%	80%
PAS5. Se asignan recursos en el presupuesto anual para la mejora del ambiente.	10%	14%	7%	34%	35%	31%	69%
PAS6. Se integran prácticas del cuidado del ambiente en las actividades estratégicas y operacionales de la empresa (ejemplo: producción más limpia, producir considerando el impacto ambiental en cada una de las etapas, reciclado, reúso, recuperación de materiales y productos).	6%	12%	3%	38%	41%	21%	79%
PAS7. Realizan informes anuales de sustentabilidad que impliquen indicadores de energía eléctrica y consumo de agua.	10%	13%	8%	34%	35%	31%	69%
PAS8. Su organización (empresa) tiene política ambiental que implique programas de concientización en el cuidado ambiental.	8%	14%	5%	33%	41%	27%	73%
PAS9. Cumplen con la legislación ambiental correspondiente.	2%	9%	6%	35%	48%	17%	83%
PES11. Se invierte en tecnologías limpias (energía solar, autos eléctricos, biocombustibles, montacargas eléctricos y materias primas amigables con el ambiente).	23%	28%	6%	28%	15%	57%	43%
PSS21. Las prácticas de responsabilidad social se promueven, apoyan e implementan desde la alta gerencia hacia abajo en el organigrama o estructura organizacional.	10%	16%	3%	30%	40%	30%	70%

Los resultados de la tabla 19 reflejan el constructo “Enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable”. Un 84 % de los encuestados destacó que las empresas llevan a cabo campañas de salud, lo que evidencia una preocupación significativa por el bienestar de los empleados y la comunidad. Además, un 71 % señaló que se realizan campañas de educación, lo

que subraya el esfuerzo por promover el conocimiento y el desarrollo social. Finalmente, un 71 % afirmó que las prácticas sociales están integradas como parte de la estrategia operacional de las empresas, lo que refleja la importancia que la organización otorga a la responsabilidad social dentro de su estructura y operaciones.

Tabla 19. Respuestas del enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable.

ÍTEM	Nunca	Ocasional- mente	No Aplica	Frecuente- mente	Siempre	% total en contra	% total a favor
PSS22. Se llevan a cabo campañas de salud.	3%	13%	0%	40%	44%	16%	84%
PSS23. Se llevan a cabo campañas de educación.	7%	17%	5%	36%	35%	29%	71%
PSS25. Están integradas las prácticas sociales como parte de la estrategia operacional de la empresa.	3%	21%	5%	37%	34%	29%	71%

La tabla 20 muestra que la empresa está comprometida con la sustentabilidad y el bienestar de sus empleados con el constructo “Sustentabilidad y responsabilidad social empresarial”. Un 63 % indicó que cuenta con una planta tratadora de agua, mientras que un 80 % afirmó tener programas de salud y seguridad ocupacional. Además, un 70 % destacó que se realizan programas de capacitación en prácticas sustentables, y un 60 % mencionó que se promueven relaciones de colaboración con la cadena de suministro. En resumen, las empresas demuestran un buen nivel de compromiso en áreas clave, aunque existen oportunidades para fortalecer la colaboración con los socios comerciales y ampliar las iniciativas ambientales.

Tabla 20. Respuestas de la sustentabilidad y responsabilidad social empresarial.

ÍTEM	Nunca	Ocasional-mente	No Aplica	Frecuente-mente	Siempre	% total en contra	% total a favor
PES14. Cuentan con planta tratadora de agua.	19%	7%	12%	27%	36%	37%	63%
PSS18. Se tienen implementados programas de salud y seguridad ocupacional (ejemplo: OHSAS 18001, Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad, y Salud en el Trabajo).	5%	12%	3%	37%	43%	20%	80%
PSS19. Se llevan a cabo programas de capacitación para los empleados respecto a prácticas sustentables como: actividades de reciclado, cuidado del medio ambiente, y promover la igualdad y respeto entre los trabajadores.	8%	21%	1%	37%	33%	30%	70%
PSS20. Se promueven relaciones de colaboración con los participantes de la cadena de suministro.	9%	23%	7%	38%	22%	40%	60%

Los resultados del constructo “Participación y bienestar del empleado” se muestran en la tabla 21 e indican que 60 % de los encuestados mencionó que se mide la satisfacción de los empleados, lo que refleja un interés por conocer y mejorar las condiciones laborales. Además, un 58 % destacó que se toman en cuenta las opiniones de todos los niveles jerárquicos dentro de la empresa, lo que sugiere un enfoque hacia la inclusión y la participación en la toma de decisiones.

Tabla 21. Respuestas de la participación y el bienestar del empleado.

ÍTEM	Nunca	Ocasional-mente	No Aplica	Frecuente-mente	Siempre	% total en contra	% total a favor
PSS24. Se lleva a cabo la medición de la satisfacción de los empleados.	10%	26%	3%	42%	19%	40%	60%
PSS26. Se toman en cuenta las opiniones de todos los niveles jerárquicos en la empresa.	13%	26%	3%	43%	15%	42%	58%

El constructo “Gestión sustentable de recursos y la economía circular” se muestra en la tabla 22, en donde un 58 % de los encuestados indicó que las empresas venden el material de desecho, mientras que un 62 % señaló que se vende el material reciclado, lo que sugiere que hay esfuerzos por gestionar y aprovechar los residuos de manera más eficiente. Sin embargo, solo un 49 % mencionó que se llevan a cabo entrenamientos de conciencia económica para el personal involucrado, lo que indica que, aunque se están implementando prácticas de manejo de desechos, la capacitación sobre economía y sustentabilidad aún puede ser un área de mejora.

Tabla 22. Respuestas de la gestión sustentable de recursos y la economía circular.

ÍTEM	Nunca	Ocasional-mente	No Aplica	Frecuente-mente	Siempre	% total en contra	% total a favor
PES12. Se vende el material de desecho.	19%	20%	3%	33%	26%	42%	58%
PES13. Se vende el material reciclado.	19%	14%	6%	29%	33%	38%	62%
PES15. Se llevan a cabo entrenamientos de conciencia económica al personal involucrado.	12%	35%	5%	29%	20%	51%	49%

Los resultados de la tabla 23 son sobre el constructo “Gestión del Riesgo económico y la optimización de recursos”. Con un 65 % de los encuestados afirmando que se generan planes para mitigar posibles pérdidas derivadas de factores externos. Además, un 73 % señaló que se analizan los resultados económicos y se comparan con los del año anterior, mientras que un 74 % destacó que se realizan proyectos de ahorro enfocados en la reducción de costos. En conjunto, estos resultados muestran un enfoque hacia la gestión financiera y la optimización de recursos dentro de las empresas.

Tabla 23. Resultados de la gestión del riesgo económico y la optimización de recursos.

ÍTEM	Nunca	Ocasional-mente	No Aplica	Frecuente-mente	Siempre	% total en contra	% total a favor
PES10. Entendiendo como riesgo económico la posibilidad de sufrir pérdidas debido a cuestiones fuera de control de la compañía, regulaciones, cuestiones políticas, ya sea proveedores o clientes. Se generan planes para mitigar el riesgo económico.	7%	20%	8%	37%	28%	35%	65%
PES16. Se analizan los resultados económicos y se comparan con los del año o temporada pasada.	3%	15%	8%	33%	41%	27%	73%
PES17. Se realizan proyectos de ahorros con enfoque de reducción de costos.	3%	20%	2%	28%	47%	26%	74%

El objetivo plasmado en la tabla 24 fue verificar el número de componentes teóricos de la sección “Eslabones de la cadena de suministro” mediante la selección de las variables más significativas por medio de la información empírica. Los datos se analizaron utilizando PCA, lo que permitió identificar 5 variables correlacionados con los eslabones de la cadena de suministro en las empresas agrícolas de la ciudad de Mexicali.

Este método de agrupamiento ayuda a identificar los ítems que exhiben variaciones similares en el eslabón abastecimiento, fabricación, distribución y servicio al cliente de la cadena de suministro (tabla 25). Además, se analizó una matriz de correlación para examinar las relaciones entre los constructos.

Tabla 24. Varianza total explicada por los eslabones de la cadena de suministro.  
Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	16.403	54.677	54.677	16.403	54.677	54.677	6.980	23.265	23.265
2	2.388	7.959	62.635	2.388	7.959	62.635	4.127	13.756	37.021
3	1.793	5.977	68.612	1.793	5.977	68.612	4.122	13.741	50.761
4	1.410	4.699	73.311	1.410	4.699	73.311	4.023	13.409	64.171
5	1.156	3.852	77.163	1.156	3.852	77.163	3.898	12.993	77.163
6	.949	3.162	80.326						
7	.752	2.506	82.832						
8	.669	2.230	85.062						
9	.577	1.924	86.986						
10	.501	1.670	88.656						
11	.454	1.515	90.171						
12	.414	1.381	91.552						
13	.348	1.161	92.712						
14	.317	1.056	93.768						
15	.292	.972	94.740						
16	.245	.818	95.558						
17	.218	.728	96.286						
18	.200	.668	96.954						
19	.171	.572	97.526						
20	.129	.429	97.955						
21	.115	.383	98.338						
22	.101	.336	98.674						
23	.081	.269	98.943						
24	.073	.243	99.185						
25	.063	.209	99.394						
26	.049	.163	99.558						
27	.044	.148	99.706						
28	.035	.115	99.821						
29	.030	.100	99.921						
30	.024	.079	100.000						

Tabla 25. Matriz de componentes rotados por eslabones de la cadena de suministro.  
Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

	Componente				
	1	2	3	4	5
PSA27	<b>.786</b>	.057	.226	.081	.224
PSA28	<b>.806</b>	.110	-.004	.210	.111
PSA29	<b>.733</b>	.262	.263	.140	.023
PSA30	<b>.802</b>	.136	.251	-.032	.221
PSA31	<b>.775</b>	.169	.312	.002	.371
PSA32	<b>.726</b>	.237	.222	.417	.218
PSA33	<b>.804</b>	.206	.223	.386	.126
PSA34	<b>.767</b>	.224	.158	.319	.164
PSA35	<b>.743</b>	.228	.221	.290	.235
PSF36	.387	.272	.163	.304	<b>.424</b>
PSF37	.327	.396	.081	.039	<b>.581</b>
PSF38	.133	.153	.215	.013	<b>.833</b>
PSF39	.265	.205	.227	.312	<b>.634</b>
PSF40	.282	.205	.299	.565	<b>.492</b>
PSF41	.220	.060	.237	.592	<b>.609</b>
PSF42	.185	.223	.141	.307	<b>.729</b>
PSD43	.311	<b>.440</b>	.355	.295	.278
PSD44	.180	.388	.391	<b>.484</b>	.221
PSD45	.407	<b>.556</b>	.435	.144	.217
PSD46	.276	<b>.725</b>	.346	.136	.247
PSD47	.143	<b>.846</b>	.091	.151	.154
PSD48	.174	<b>.855</b>	.100	.223	.195
PSD49	.218	.355	.185	<b>.796</b>	.116
PSD50	.242	.460	.153	<b>.663</b>	.169
PSC51	.318	.013	.550	<b>.610</b>	.165
PSC52	.267	-.006	<b>.580</b>	.471	.401
PSC53	.224	.040	<b>.708</b>	.527	.287
PSC54	.396	.389	<b>.727</b>	.128	.171
PSC55	.317	.425	<b>.692</b>	.225	.248
PSC56	.318	.322	<b>.748</b>	.201	.218

La tabla 26 proporciona información sobre cómo se relacionan los constructos entre sí, basándose en las concentraciones de los datos después de 11 iteraciones. Los diferentes colores de fondo representan los 4 principales eslabones de la cadena de suministro, mientras que los 5

diferentes colores de letra muestran las agrupaciones correspondientes de cada ítem, siendo 5 los nuevos subconstructos.

Tabla 26. Matriz de componentes rotados por eslabones de la cadena de suministro.  
Método de extracción: Análisis de Componentes Principales.  
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

	Componente				
	1	2	3	4	5
PSA27	.786				
PSA28	.806				
PSA29	.733				
PSA30	.802				
PSA31	.775				
PSA32	.726				
PSA33	.804				
PSA34	.767				
PSA35	.743				
PSF36					.424
PSF37					.581
PSF38					.833
PSF39					.634
PSF40				.565	
PSF41					.609
PSF42					.729
PSD43		.440			
PSD44				.484	
PSD45		.556			
PSD46		.725			
PSD47		.846			
PSD48		.855			
PSD49				.796	
PSD50				.663	
PSC51				.610	
PSC52			.580		
PSC53			.708		
PSC54			.727		
PSC55			.692		
PSC56			.748		

Como consecuencia de la aplicación de este análisis, los cuatro constructos teóricos se dividen en cinco y son renombrados de acuerdo con el principal tema en común que comparten cada uno de sus ítems, para facilitar la lista de los nuevos constructos son denominados con “E#” ya que se trata de la sección “Eslabones de la cadena de suministro”:

E1. Prácticas sustentables en el abastecimiento: sus ítems nombran la importancia de integrar criterios ambientales y sociales en la selección, evaluación y gestión de proveedores, así como el cumplimiento de normativas y certificaciones que aseguren prácticas responsables y sustentables. Además, se destaca la estrategia de localizar materia prima y componentes para minimizar el impacto ambiental. La implementación de prácticas agrícolas sustentables es fundamental para atender la creciente demanda alimentaria sin comprometer el medio ambiente. Estrategias como la gestión integrada de nutrientes, la diversificación de cultivos, la gestión eficiente del agua y la adopción de tecnologías innovadoras son aspectos clave [108], [109].

E2. Sustentabilidad en la logística y el transporte: todos los aspectos de sus ítems señalan prácticas y estrategias orientadas a reducir el impacto ambiental a través de la logística inversa, la disminución de emisiones, el uso de sistemas y medios de transporte ecológicos, y el monitoreo de emisiones asociadas con la distribución de productos. La adopción de métodos agrícolas transformadores y la coordinación de cambios entre los socios de la cadena de suministro y los consumidores pueden mejorar la sustentabilidad de la producción de alimentos y reducir los impactos ambientales negativos [110].

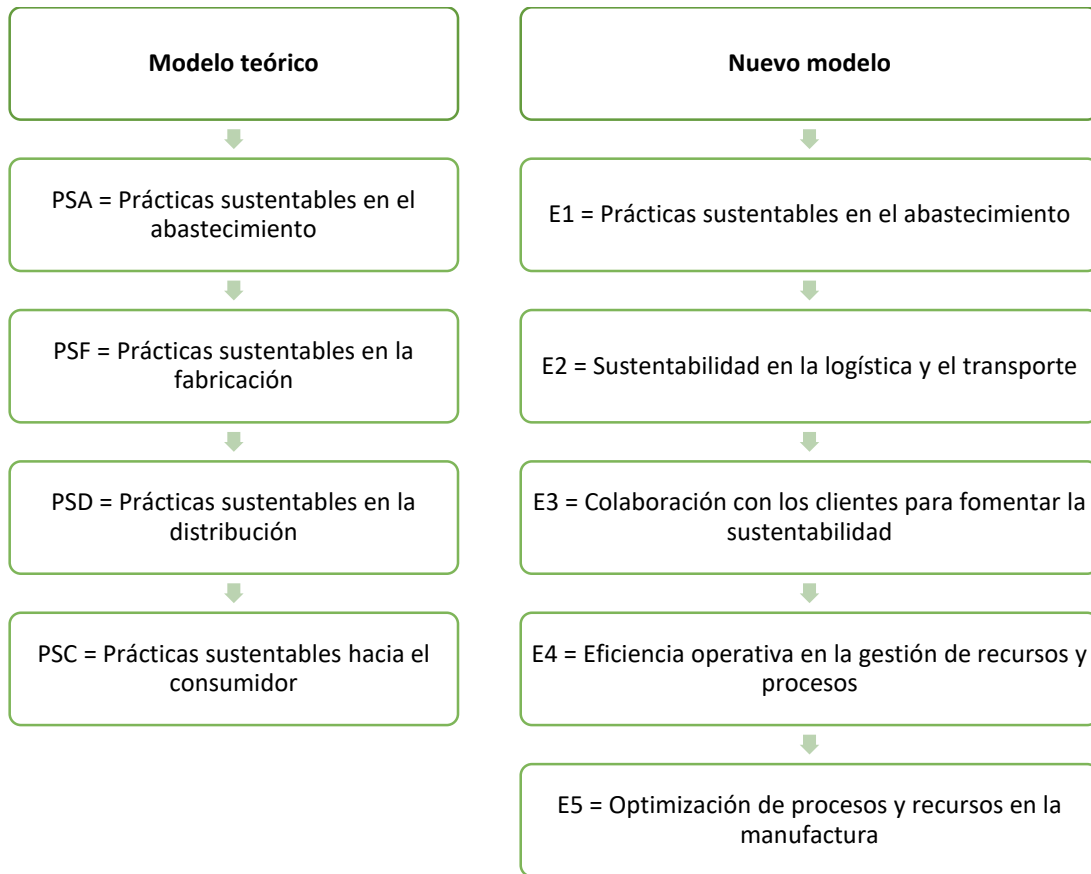
E3. Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad: los ítems mencionan estrategias que implican trabajar junto a los clientes en el manejo de devoluciones, la mejora continua, el diseño de embalaje ecológico, la logística inversa y la comunicación de políticas sustentables. El modelo de optimización de costos limitado por la satisfacción del cliente mejora la satisfacción del cliente sin aumentar significativamente los costos de distribución en las cadenas de suministro de medios agrícolas [111].

E4. Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos: todos los aspectos indican estrategias para reducir desperdicios, optimizar el uso de espacios en almacenamiento y transporte, implementar programas de mejora continua y medir la satisfacción del cliente, con el objetivo de mejorar la eficacia general de la operación. El uso eficaz de los recursos en las empresas agrícolas requiere conocimiento de las tecnologías de producción y su gestión, siendo las innovaciones y las tecnologías modernas las que desempeñan un papel fundamental en la modernización y el respeto al medio ambiente [112].

E5. Optimización de procesos y recursos en la manufactura: todos los aspectos mencionan estrategias para mejorar la eficiencia operativa mediante la implementación de programas de mejora continua, el uso de tecnologías avanzadas, el control de residuos peligrosos, la reutilización de materiales y el diseño de procesos que reduzcan costos. La optimización del potencial de recursos en las empresas agrícolas puede aumentar la rentabilidad al maximizar el uso de recursos limitados, y contar con incentivos efectivos para el personal directivo es crucial para el éxito [113].

El PCA permitió extraer los componentes principales que mejor explican la variabilidad de los datos, específicamente de la sección de la encuesta “Eslabones de la cadena de suministro” lo que facilita la construcción de un modelo más complejo pero representativo de los factores clave que influyen en el fenómeno de estudio en la aplicación real.

La figura 13 ilustra el modelo resultante del análisis, donde los componentes principales identificados se muestran como elementos interconectados, reflejando las relaciones y la importancia relativa de cada factor dentro del nuevo modelo.



*Figura 13. Nuevos constructos de los eslabones de la cadena de suministro.*

Los porcentajes totales de las respuestas obtenidas se dividieron ahora en los 5 nuevos subconstructos, como se describen a continuación:

En la tabla 27 se muestran los resultados de la estadística descriptiva del primer constructo de la sección Eslabones de la cadena de suministro nombrado “prácticas sustentables en el abastecimiento”, en la primera columna se encuentran los 9 ítems que lo conforman, cada ítem comienza con su ID de identificación como lo explica la tabla 11. En ella se observa que la empresa tiene oportunidades para mejorar la integración de prácticas sustentables en su cadena de suministro. Solo un 42 % de los encuestados mencionó que se cuenta con un programa de selección y evaluación de proveedores con requisitos sustentables, un 37 % exige la certificación ISO 14000 a los proveedores, y solo un 30 % realiza auditorías ambientales a los mismos. Estos

datos reflejan un enfoque inicial hacia la sustentabilidad, pero hay un margen considerable para fortalecer estas prácticas.

Solo un 35 % de los encuestados indicó que los proveedores siguen las mismas políticas ambientales, un 41 % señaló que se colabora con ellos para reducir el impacto ambiental. Estos datos sugieren que, aunque existen esfuerzos en estas áreas, se requiere un mayor impulso para fortalecer la colaboración y alineación con los objetivos ambientales de la empresa.

Un 47 % de los encuestados afirmó que existe un plan para localizar insumos a nivel local, seguido de un 42 % para niveles regional y nacional, y un 44 % para el nivel internacional. Estos datos tienen grandes áreas de oportunidad para localizar materia prima o componentes en diferentes niveles geográficos, aunque con una distribución similar en su enfoque reflejan un enfoque diversificado en la adquisición de materia prima.

Tabla 27. Resultados de las prácticas sustentables en el abastecimiento.

ÍTEM	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
PSA27. Programa de selección/evaluación/desarrollo de proveedores incluyendo requisitos sustentables. Esto quiere decir, que sus proveedores obedecen a una visión estratégica para la integración efectiva de las cuestiones ambientales, sociales y de buen gobierno en el proceso de toma de decisiones de la compañía, en el desarrollo de los productos y servicios.	12%	13%	30%	8%	34%	58%	42%
PSA28. Requieren que los proveedores estén certificados en ISO 14000.	15%	19%	27%	9%	28%	63%	37%
PSA29. Realizan auditorías ambientales a los proveedores.	13%	28%	26%	8%	22%	70%	30%
PSA30. Sus proveedores siguen las mismas políticas ambientales que su organización.	13%	21%	28%	8%	27%	65%	35%
PSA31. Colaboran con proveedores para cumplir con los objetivos de cuidado del medio ambiente (reducir o eliminar el impacto ambiental).	14%	17%	24%	8%	33%	59%	41%
PSA32. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel local.	9%	14%	26%	13%	34%	53%	47%
PSA33. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel regional.	13%	16%	24%	12%	30%	58%	42%
PSA34. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel nacional.	14%	14%	27%	13%	29%	58%	42%
PSA35. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel extranjero.	15%	13%	23%	12%	33%	56%	44%

La tabla 28 detalla la información sobre el constructo “Sustentabilidad en la logística y el transporte”, en donde el 43 % de los encuestados indicó que se aplican prácticas de logística inversa, enfocadas en el retorno y reciclaje de productos. El 42 % mencionó que existen programas para la reducción de emisiones en el transporte, y un 40 % señaló el uso de sistemas logísticos ecológicos en la distribución. Por lo tanto, es necesario intensificar y expandir estas iniciativas para mejorar el desempeño ambiental de la empresa.

Solo un 23 % de los encuestados mencionó el uso de medios de transporte ecológicos, y un 31 % destacó que se lleva a cabo el monitoreo de emisiones causadas por la distribución de productos. Estos porcentajes sugieren que, aunque se ha comenzado a considerar prácticas sostenibles en su logística, hay un considerable margen de mejora en la adopción de soluciones ecológicas para el transporte y el seguimiento de las emisiones.

*Tabla 28. Resultados de la sustentabilidad en la logística y el transporte.*

ÍTEM	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
PSD43. Prácticas de logística inversa, corresponde al proceso de planificación y control del retorno de los productos desde los puntos de consumo hasta el distribuidor para efectuar su recuperación, reciclaje o eliminación.	12%	10%	31%	10%	33%	57%	43%
PSD45. Programas de reducción de emisiones en el transporte.	13%	19%	24%	17%	24%	58%	42%
PSD46. Uso de sistemas logísticos ecológicos para la distribución.	13%	16%	28%	15%	24%	60%	40%
PSD47. Medios de transporte ecológicos.	22%	26%	28%	12%	12%	77%	23%
PSD48. Monitoreo de emisiones causadas por la distribución de productos.	20%	23%	26%	10%	21%	69%	31%

La tabla 29 habla sobre el constructo “Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad”, con un 65 % de los encuestados destacando un manejo adecuado de las devoluciones de clientes y un 67 % indicando la existencia de un programa de mejora continua. Un 57 % de los encuestados señaló que hay colaboración en el diseño de embalaje ecológico, mientras que un 55 % destacó la colaboración en la práctica de logística inversa y la comunicación de políticas sustentables a los clientes.

Tabla 29. Resultados de la colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad.

ÍTEM	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
PSC52. Manejo de devoluciones del cliente.	9%	7%	14%	6%	59%	35%	65%
PSC53. Programa de mejora continua.	6%	6%	16%	16%	51%	33%	67%
PSC54. Colaboración con los clientes en el diseño de embalaje ecológico.	10%	13%	16%	15%	42%	43%	57%
PSC55. Colaboración con los clientes en la práctica de logística inversa.	14%	13%	15%	10%	44%	45%	55%
PSC56. Comunicar las políticas sustentables a los clientes.	12%	12%	19%	13%	42%	45%	55%

En la tabla 30 se detalla la información del constructo “Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos”, en donde el 64 % de los encuestados indicó que se diseñan procesos para minimizar desperdicios, lo que refleja un esfuerzo por optimizar recursos y reducir el impacto ambiental. El 67 % destacó que existe un programa de mejora continua, lo que sugiere un compromiso con la optimización constante de los procesos.

Un 56 % de los encuestados indicó que se optimizan los espacios de almacenamiento, y un 55 % señaló que se optimizan los espacios en el transporte de producto final o materia prima, lo que refleja un esfuerzo por mejorar la logística y reducir costos. Además, un 62 % destacó que se mide la satisfacción del cliente.

Tabla 30. Resultados de la eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos.

ÍTEM	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
PSF40. Diseño de procesos para minimizar desperdicios.	5%	15%	13%	10%	53%	36%	64%
PSD44. Programa de mejora continua.	7%	3%	17%	20%	48%	33%	67%
PSD49. Optimización de espacios de almacenamiento.	8%	14%	19%	15%	41%	44%	56%
PSD50. Optimización de espacios en el transporte de producto final o materia prima.	12%	9%	22%	16%	38%	45%	55%
PSC51. Medir la satisfacción del cliente.	7%	9%	17%	9%	52%	38%	62%

Los resultados del constructo “Optimización de procesos y recursos en la manufactura” se presentan en la tabla 31, un 49 % de los encuestados indicó que se implementa un programa de mejora continua, como manufactura esbelta o las 5’S, mientras que un 47 % destacó el uso de tecnologías de manufactura avanzada, como automatización industrial e inteligencia artificial. Además, un 69 % mencionó que la empresa tiene control en la generación de residuos peligrosos. Un 65 % reutilizando materiales como cartón y plástico, un 73 % diseñando procesos para reducir costos, y un 74 % contactando proveedores externos para la recolección de desperdicios. Estos resultados reflejan un enfoque positivo hacia la optimización de recursos y la gestión de residuos, aunque hay oportunidades para fortalecer otras iniciativas de sustentabilidad.

Tabla 31. Resultados de la optimización de procesos y recursos en la manufactura.

ÍTEM	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
PSF36. Programa de mejora continua (por ejemplo: manufactura esbelta, 5'S).	17%	17%	13%	19%	30%	51%	49%
PSF37. Uso de tecnologías de manufactura avanzada como automatización industrial, impresión 3D, computación en la nube, Inteligencia Artificial (IA), grandes datos, Internet de las cosas (IoT), realidad aumentada, entre otras.	13%	14%	23%	13%	34%	53%	47%
PSF38. Control en la generación de residuos peligrosos.	6%	7%	15%	7%	62%	31%	69%
PSF39. Reutilización de materiales como cartón, papel, plásticos, madera, entre otros.	8%	10%	12%	13%	52%	35%	65%
PSF41. Diseño de procesos para reducir costos.	6%	9%	8%	15%	58%	27%	73%
PSF42. Contactar proveedores externos de servicios de recolección de desperdicios.	6%	5%	10%	12%	63%	26%	74%

**Tercera sección de la encuesta: preguntas abiertas asociadas con los constructos evaluados.**

A continuación, se presentan las respuestas de cada una de las 11 preguntas abiertas de la encuesta, que van del reactivo 60 al 70.

60. ¿Existe cooperación o alianzas con otros participantes de la cadena en cuestiones de mejora ambiental?, explique su respuesta.

Respecto a la cooperación o alianzas con otros participantes de la cadena en cuestiones de mejora ambiental, el 43 % señala que sí existe, de los cuáles el 12 % señala que realizan reciclaje, el 9 % lo hacen a través de sus proveedores y solo el 1 % lo dirige a composta y donación; por lo que se observa muy poca cooperación.

61. ¿A cuáles departamentos o áreas se les asigna mayor recurso en el presupuesto a prácticas sustentables?

En resumen, el departamento que recibe el mayor porcentaje del presupuesto destinado a prácticas sustentables es Seguridad e Higiene, con un 33 % de las respuestas. Además, un 16 % de las respuestas indican que los recursos se destinan a los departamentos operativos directos, como campo, siembra y producción. El área de empaque recibe un 8 % del presupuesto, mientras que responsabilidad social representa un 6 %. Sin embargo, un 19 % de los encuestados no está seguro de a qué departamento se asignan los recursos. Esta distribución refleja un enfoque principal en la seguridad e higiene, con una atención secundaria a los aspectos operativos y sociales dentro de la estrategia de sustentabilidad.

62. ¿Cuáles son los principales requisitos sustentables que deben cumplir los proveedores de materia prima?

Los requisitos sustentables que deben cumplir los proveedores de materia prima varían considerablemente entre los encuestados. El 28 % no está informado sobre estos requisitos. La principal preocupación, con un 23 %, es que los proveedores utilicen materiales biodegradables y amigables con el ambiente. Un 15 % de los encuestados prefieren proveedores certificados en sustentabilidad, mientras que el 21 % valora la implementación de prácticas sustentables en general. Además, un 9 % se enfoca en el pilar ambiental, un 7 % en el pilar social y un 5 % en el pilar económico. Esto sugiere una diversidad de enfoques y prioridades en la evaluación de la sustentabilidad de los proveedores.

63. ¿Cuáles indicadores ambientales utiliza su empresa actualmente para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro?

Los indicadores ambientales utilizados por las empresas para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro muestran una variedad de enfoques. El indicador más común es el rendimiento por cultivo, utilizado por el 47 % de las empresas, seguido por la eficiencia, con un 11 % de respuestas. De igual manera, el consumo de agua y la planta tratadora de agua son considerados indicadores por un 8 % de los encuestados. Sin embargo, el 9 % de los encuestados

indicó que no existen indicadores ambientales en sus empresas, y el 15 % no está al tanto de su existencia. Esto refleja una concentración principal en la medición del rendimiento y la eficiencia, con una menor atención a aspectos específicos como el consumo de agua y el tratamiento de aguas residuales.

64. ¿Cuál es la razón principal en su empresa para implementar prácticas sustentables en el ámbito ambiental?

La razón principal para implementar prácticas sustentables en el ámbito ambiental varía entre las empresas. La mayoría, con un 37 %, lo hace principalmente para cuidar el medio ambiente. Un 13 % busca obtener certificaciones y cumplir con la normativa vigente, mientras que el 12 % lo hace con el objetivo de mejorar la calidad del producto. Lamentablemente, un 11 % de los encuestados no está seguro de la razón principal para la implementación de estas prácticas. Los resultados obtenidos destacan un enfoque predominante en la protección ambiental, con un interés significativo en el cumplimiento normativo y la mejora de la calidad del producto.

65. ¿Cuáles indicadores económicos utiliza su empresa actualmente para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro?

Los indicadores económicos empleados por las empresas para evaluar el desempeño sustentable en la cadena de suministro revelan un enfoque predominante en el análisis de costo-beneficio. El 49 % de los encuestados utiliza este indicador como el principal método de evaluación. El Valor Presente Neto (VPN) sigue con un 7 %, mientras que la Huella de Carbono se utiliza en un 4 % de los casos. Un 24 % de los encuestados no está al tanto de los indicadores económicos aplicados en su empresa, y el 7 % afirma que no se utilizan indicadores económicos. Esto sugiere una tendencia significativa hacia el análisis de costo-beneficio, con un conocimiento limitado y una implementación menos extendida de otros indicadores económicos en la gestión sustentable.

66. ¿Cuál es la razón principal en su empresa para implementar prácticas sustentables en el ámbito económico?

La razón principal para implementar prácticas sustentables en el ámbito económico varía entre las empresas, con un enfoque predominante en la reducción de costos. El 34 % de los encuestados señala que este es el principal motivo para adoptar prácticas sustentables. Otros motivos significativos incluyen la mejora del costo-beneficio, citado por el 14 %, y el enfoque en el rendimiento y la eficiencia, con un 12 %. Desafortunadamente, el 18 % de los encuestados no tiene claro cuál es la razón principal en su empresa para estas prácticas. Estos resultados reflejan una prioridad general en la reducción de costos, junto con un interés en optimizar el rendimiento económico y la eficiencia.

67. ¿Cuáles indicadores sociales utiliza su empresa actualmente para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro?

Los indicadores sociales utilizados por las empresas para evaluar el desempeño sustentable en la cadena de suministro muestran una diversidad en sus enfoques. El 33 % indica que la capacitación de su personal es el principal indicador, mientras que el 24 % se enfoca en la calidad de vida de los empleados. Además, el 7 % de las respuestas menciona la concientización social como un indicador relevante. El 21 % de los encuestados no tiene conocimiento sobre los indicadores sociales utilizados en su empresa. Estos resultados subrayan la importancia primordial de la capacitación y la calidad de vida de los empleados, mientras que otros aspectos sociales en la evaluación del desempeño sustentable reciben menos atención.

68. ¿Cuál es la razón principal en su empresa para implementar prácticas sustentables en el ámbito social?

La razón principal para implementar prácticas sustentables en el ámbito social en las empresas está predominantemente centrada en el bienestar de los empleados. El 35 % de los encuestados destaca la importancia de contar con un buen ambiente laboral, apoyar a los colaboradores, cuidar el entorno de los trabajadores y mejorar su calidad de vida. Un 17 % menciona razones relacionadas con la responsabilidad social, como la concientización, la mejora de la sociedad y el

apoyo a la comunidad. El 8 % considera que el reconocimiento como empresa es una motivación importante. Además, el 22 % de los participantes no está al tanto de la razón principal en su empresa para implementar estas prácticas. Estos resultados reflejan un enfoque principal en el bienestar de los empleados y un compromiso con la responsabilidad social, con un reconocimiento limitado de la motivación empresarial general.

69. ¿Cuáles son las áreas de oportunidad que identifica en su empresa en los ámbitos ambientales, sociales y económicos?

El análisis de las respuestas obtenidas respecto a las áreas de oportunidad en su empresa reveló que la principal área de mejora, con un 18 % de las respuestas, es la optimización de recursos. Esta respuesta se desglosó principalmente en el ahorro de combustible y la reducción en el consumo de agua. En segundo lugar, con un 16 % de las respuestas, se destacó la necesidad de fortalecer el plan de reciclaje. Finalmente, en tercer lugar, con un empate del 5 % de los encuestados, se identificaron áreas de oportunidad en el ámbito social, como la mejora del reconocimiento por parte de la comunidad y la capacitación integral del personal.

70. ¿Cuáles certificaciones ambientales tiene su empresa?

Las certificaciones ambientales presentes en las empresas varían considerablemente. El 23 % de los participantes trabaja en empresas certificadas con Global GAP, la certificación privada más extendida a nivel mundial para buenas prácticas agropecuarias. El 11 % tiene la Certificación de EFI, que asegura a minoristas y consumidores la calidad del cultivo de frutas y verduras frescas. El 9 % de los encuestados cuenta con certificaciones de Industrial Limpia y Calidad Ambiental emitidas por PROFEPA. Además, un 27 % del personal no está informado sobre las certificaciones ambientales de su empresa, y el 8 % afirma que no tienen ninguna certificación ambiental. Estos datos muestran una variabilidad en la implementación de certificaciones ambientales, destacando un porcentaje significativo de empleados que todavía no tiene claridad sobre el tema o que trabaja en empresas que no cuentan con certificaciones específicas.

La tabla 32 es un concentrado donde se muestra el número de ítems por dimensión y eslabón, para generar un porcentaje ponderado que permita obtener una calificación de sustentabilidad en las empresas agrícolas en el Valle de Mexicali. Por lo tanto, el porcentaje refleja el total del peso que tiene esa dimensión o eslabón en comparación al resto, tomando en cuenta la cantidad de ítems que lo conforman.

*Tabla 32. Número de ítems por constructo, y su promedio ponderado.*

Dimensiones	# ítems	% Ponderado
<b>D1. La sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial</b>	11	42.31 %
<b>D2. El enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable</b>	3	11.54 %
<b>D3. La sustentabilidad y responsabilidad social empresarial</b>	4	15.38 %
<b>D4. La participación y el bienestar del empleado</b>	2	7.69 %
<b>D5. La gestión sustentable de recursos y la Economía Circular</b>	3	11.54 %
<b>D6. La gestión del riesgo económico y la optimización de recursos</b>	3	11.54 %
<b>Total:</b>	<b>26</b>	<b>100%</b>
Eslabones		
<b>E1. Prácticas sustentables en el abastecimiento</b>	9	30 %
<b>E2. Sustentabilidad en la logística y el transporte</b>	5	16.67 %
<b>E3. Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad</b>	5	16.67 %
<b>E4. Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos</b>	5	16.67 %
<b>E5. Optimización de procesos y recursos en la manufactura</b>	6	20 %
<b>Total:</b>	<b>30</b>	<b>100 %</b>
<b>Promedio de Dimensión y Eslabones</b>		<b>100%</b>

En la tabla 33 se muestran los resultados de cada dimensión y eslabón, así como la calificación de sustentabilidad en las empresas agrícolas en el Valle de Mexicali.

Tabla 33. Resultados ponderados y calificación de sustentabilidad.

Dimensión ó Eslabón	% Favorable	Calificación ponderada
<b>D1. La sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial</b>	73 %	31.08 %
<b>D2. El enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable</b>	75 %	8.68 %
<b>D3. La sustentabilidad y responsabilidad social empresarial</b>	68 %	10.51 %
<b>D4. La participación y el bienestar del empleado</b>	59 %	4.56 %
<b>D5. La gestión sustentable de recursos y la Economía Circular</b>	56 %	6.48 %
<b>D6. La gestión del riesgo económico y la optimización de recursos</b>	71 %	8.18 %
<b>Calificación de la Dimensión de Sustentabilidad</b>		<b>69.50 %</b>
<b>E1. Prácticas sustentables en el abastecimiento</b>	40 %	11.98 %
<b>E2. Sustentabilidad en la logística y el transporte</b>	36 %	5.97 %
<b>E3. Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad</b>	60 %	9.96 %
<b>E4. Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos</b>	61 %	10.12 %
<b>E5. Optimización de procesos y recursos en la manufactura</b>	63 %	12.56 %
<b>Calificación de los Eslabones de la Cadena de Suministro</b>		<b>50.58 %</b>
Promedio de ambas calificaciones.	<b>Calificación de Sustentabilidad en las empresas agrícolas en el Valle de Mexicali:</b>	<b>60.04 %</b>

En conclusión, el cumplimiento promedio del 60.04% alcanzado por las empresas del Valle de Mexicali, según los resultados obtenidos en las secciones de “Dimensiones de la Sustentabilidad” y “Eslabones de la cadena de suministro”, refleja un desempeño moderado en estos aspectos clave. Trabajar sobre los dos puntos de vista se complementa y da un punto de vista más holístico. Este resultado, basado en la participación de 86 empresas encuestadas, indica que, si bien se han logrado ciertos avances en la adopción de prácticas sustentables y en la gestión de la cadena de suministro, persiste un considerable margen de mejora en ambos ámbitos.

## 5.6 Establecer Propuestas de Mejora

A continuación, se presentan las propuestas correspondientes para abordar los casos en los cuales cada subconstructo del nuevo modelo muestra porcentajes bajos en las encuestas realizadas.

D1. La sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial.

En el contexto de la agricultura, la responsabilidad social corporativa (RSC) puede ser una herramienta eficaz para fomentar la agricultura sustentable y orientada al clima. Un estudio muestra que, aunque las actividades de RSC relacionadas con el clima en las empresas agrícolas de Hungría están poco desarrolladas, se están tomando medidas para reducir el impacto del cambio climático mediante estrategias de adaptación [114]. Estas acciones no solo benefician a las empresas, sino que también apoyan a los responsables de la toma de decisiones en actividades de RSC orientadas al clima en el sector agroindustrial.

D2. El enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable.

Capital Social y Grupos Colaborativos: la creación de grupos sociales dentro de territorios específicos ha demostrado mejorar la productividad agrícola y la gestión de tierras, beneficiando especialmente a los excluidos previamente [115].

D3. La sustentabilidad y responsabilidad social empresarial.

La innovación ambiental es crucial para las empresas agrícolas que buscan una producción sostenible. La responsabilidad social empresarial (RSE) puede influir significativamente en el desarrollo de la innovación ambiental dentro de las empresas agrícolas. Esto se logra a través del compromiso ambiental de los equipos de alta dirección, lo que a su vez promueve la innovación y la producción sustentable de exportaciones agrícolas [116].

#### D4. La participación y el bienestar del empleado.

Fomentar la colaboración entre los empleados y otros interesados, como se sugiere en el enfoque de soluciones basadas en la naturaleza (NbS, por sus siglas en inglés). Esto puede incluir la integración de políticas que promuevan la participación activa de los empleados en la protección ambiental y la sustentabilidad, aumentando su sentido de pertenencia y capacidad de acción [117].

#### D5. La gestión sustentable de recursos y la economía circular.

Las estrategias de EC incluyen el procesamiento de productos para cerrar ciclos, aumentar la eficiencia en el uso de recursos, extender la vida útil de los productos y reemplazar productos con servicios y soluciones digitales [118].

#### D6. La gestión del riesgo económico y la optimización de recursos.

Diversificar cultivos y actividades agrícolas ayuda a distribuir el riesgo y mejorar la resiliencia financiera frente a fluctuaciones del mercado y condiciones climáticas adversas. Implementar seguros agrícolas adecuados para mitigar los impactos de riesgos climáticos y económicos es crucial para la sustentabilidad [119].

#### E1. Prácticas sustentables en el abastecimiento.

La adopción de tecnologías avanzadas, como el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y la comunicación de información, mejora la trazabilidad y calidad de los alimentos, apoyando los objetivos de desarrollo sustentable [120]. Reducir la dependencia de agroquímicos mediante el uso de alternativas naturales que promuevan la salud del suelo y el control de plagas [121].

#### E2. Sustentabilidad en la logística y el transporte.

La gestión eficiente de los costos de combustible es crucial para la sostenibilidad económica de las empresas agrícolas. Esto incluye la optimización del uso de flotas propias versus la subcontratación de operaciones de transporte, dependiendo de la proximidad a las instalaciones de almacenamiento [122]. Implementar estrategias de distribución verde, como el uso de

modelos de enrutamiento de vehículos que minimicen las emisiones de carbono, puede mejorar tanto los beneficios económicos como la sostenibilidad ambiental [123].

E3. Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad.

Establecer relaciones de colaboración tanto horizontales como verticales dentro de la cadena de suministro agrícola puede mejorar la sostenibilidad. Esto incluye trabajar con otros productores, distribuidores y clientes para compartir conocimientos y recursos [124].

E4. Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos.

Utilizar el benchmarking para evaluar y mejorar la gestión de procesos empresariales, lo que permite comparar y optimizar la eficiencia de los procesos en relación con estándares industriales y globales [125].

E5. Optimización de procesos y recursos en la manufactura.

Implementar medidas de ahorro energético y el uso de tecnologías modernas puede reducir el consumo de energía y mejorar la productividad, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector agrícola [126]. La gestión basada en procesos asegura la continuidad de los flujos materiales y se enfoca en los resultados, permitiendo una planificación y control óptimos de la producción [127].

## CAPÍTULO 6. CASO DE ESTUDIO

Se seleccionó como caso de estudio la empresa que obtuvo la mayor representación entre los encuestados, la cual registró una participación significativa del 58.1 %. Esta elección se basa en la relevancia que dicha empresa tiene en el contexto del análisis, lo que permite una comprensión más profunda de las dinámicas y tendencias presentes en el sector.

A continuación, se presentan las 6 tablas con los resultados de la sección Dimensiones de la sustentabilidad.

Los resultados del constructo D1: La sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial, reflejan un enfoque moderado de la empresa hacia la sustentabilidad y el cuidado ambiental, aunque existen áreas de oportunidad para fortalecer las prácticas ambientales.

En la tabla 34, se exponen los resultados donde un 56% de los encuestados indicó que se toman en cuenta factores ambientales en el sistema de evaluación de desempeño interno, como el consumo de energía, la generación de residuos, las emisiones de aire y el uso de materiales peligrosos. Esto sugiere que la empresa reconoce la importancia de incorporar criterios ambientales en su gestión interna, aunque no todos los aspectos ambientales parecen ser igualmente priorizados.

En cuanto a la gestión ambiental, un 53 % de los encuestados mencionó que la empresa utiliza un sistema de gestión ambiental, lo que refleja un esfuerzo por establecer estructuras organizativas para monitorear y mejorar su desempeño ambiental. Sin embargo, solo el 51 % indicó que los productos se diseñan con un enfoque en el cuidado del medio ambiente, como el ecodiseño o el uso de materiales biodegradables, lo que sugiere que el enfoque ambiental podría no estar completamente integrado en el diseño de productos.

El 52 % afirmó que la empresa desarrolla productos seguros desde una perspectiva ambiental, lo que refleja una preocupación por la seguridad y el impacto ambiental de los productos, aunque este aspecto podría necesitar una mayor atención. Posteriormente, solo un 45% de los encuestados señaló que se asignan recursos en el presupuesto anual para la mejora del ambiente, lo que indica que, a pesar de los esfuerzos en otras áreas, la asignación de recursos financieros sigue siendo limitada. En conjunto, estos resultados muestran que, si bien existen iniciativas relacionadas con la sustentabilidad y el cuidado ambiental, la empresa aún tiene un amplio margen para mejorar e integrar estos aspectos de manera más robusta en sus operaciones y estrategias.

Un 50 % de los encuestados señaló que se integran prácticas ambientales en las actividades estratégicas y operacionales, como producción más limpia y reciclaje. Sin embargo, solo el 45 % indicó que se realizan informes anuales sobre indicadores de energía y agua, y un 47 % mencionó que la empresa cuenta con programas de concientización ambiental. El 51 % aseguró que la empresa cumple con la legislación ambiental, mientras que solo el 30 % indicó inversiones en tecnologías limpias, lo que sugiere un bajo nivel de adopción en esta área. Además, un 42% destacó que las prácticas de responsabilidad social son promovidas por la alta gerencia. Aunque hay esfuerzos hacia la sustentabilidad y responsabilidad social, la empresa aún tiene un margen considerable para fortalecer y expandir estas prácticas.

Tabla 34. Resultados del constructo D1.

ítem	Nunca	Ocasionalmente	No Aplica	Frecuentemente	Siempre	% total en contra	% total a favor
<b>PAS1</b>	2%	0%	0%	26%	30%	44%	56%
<b>PAS2</b>	1%	2%	1%	23%	30%	47%	53%
<b>PAS3</b>	1%	6%	0%	24%	27%	49%	51%
<b>PAS4</b>	0%	6%	0%	23%	29%	48%	52%
<b>PAS5</b>	5%	5%	3%	19%	27%	55%	45%
<b>PAS6</b>	1%	6%	1%	20%	30%	50%	50%
<b>PAS7</b>	2%	6%	5%	21%	24%	55%	45%
<b>PAS8</b>	3%	6%	2%	19%	28%	53%	47%
<b>PAS9</b>	0%	5%	2%	21%	30%	49%	51%
<b>PES11</b>	10%	15%	2%	19%	12%	70%	30%
<b>PSS21</b>	2%	10%	3%	17%	24%	58%	42%

Los resultados de la tabla 35 indican que el constructo D2: El enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable, donde la empresa está llevando a cabo algunas iniciativas de salud, educación y responsabilidad social, aunque con un nivel moderado de implementación. Un 48 % de los encuestados indicó que se llevan a cabo campañas de salud, mientras que un 41 % mencionó que se realizan campañas de educación. Por otro lado, un 43 % señaló que las prácticas sociales están integradas en la estrategia operacional de la empresa. Estos resultados sugieren que, aunque la empresa tiene algunos esfuerzos en estas áreas, existe un potencial significativo para ampliar y fortalecer las iniciativas sociales dentro de su estructura y operaciones.

Tabla 35. Resultados del constructo D2.

ítem	Nunca	Ocasionalmente	No Aplica	Frecuentemente	Siempre	% total en contra	% total a favor
<b>PSS22</b>	2%	8%	0%	22%	26%	<b>52%</b>	<b>48%</b>
<b>PSS23</b>	5%	10%	2%	22%	19%	<b>59%</b>	<b>41%</b>
<b>PSS25</b>	2%	8%	5%	23%	20%	<b>57%</b>	<b>43%</b>

Los resultados de la tabla 36, del constructo D3: La sustentabilidad y responsabilidad social empresarial, reflejan el cumplimiento en diversas áreas dentro de la empresa. Un 47 % de los encuestados indicó que la empresa cuenta con una planta tratadora de agua y que se tienen implementados programas de salud y seguridad ocupacional, como OHSAS 18001 y las Normas Oficiales Mexicanas. Sin embargo, solo el 42 % mencionó que se llevan a cabo programas de capacitación para los empleados sobre prácticas sustentables, como reciclaje, cuidado del medio ambiente y promoción de la igualdad y el respeto entre los trabajadores. Por otro lado, un 35 % señaló que se promueven relaciones de colaboración con los participantes de la cadena de suministro. Aunque existen esfuerzos en estas áreas, el cumplimiento aún se encuentra por debajo de un nivel ideal, lo que indica la necesidad de fortalecer estas prácticas dentro de la organización.

Tabla 36. Resultados del constructo D3.

ítem	Nunca	Ocasionalmente	No Aplica	Frecuentemente	Siempre	% total en contra	% total a favor
<b>PES14</b>	6%	2%	3%	17%	29%	<b>53%</b>	<b>47%</b>
<b>PSS18</b>	2%	6%	3%	21%	26%	<b>53%</b>	<b>47%</b>
<b>PSS19</b>	2%	13%	1%	19%	23%	<b>58%</b>	<b>42%</b>
<b>PSS20</b>	2%	15%	6%	20%	15%	<b>65%</b>	<b>35%</b>

Los resultados de la tabla 37, del constructo D4: La participación y el bienestar del empleado, muestran un nivel muy bajo de cumplimiento en dos áreas clave relacionadas con la gestión de recursos humanos. Solo un 34 % de los encuestados indicó que se lleva a cabo la medición de la satisfacción de los empleados, lo que sugiere que la empresa tiene limitadas prácticas para evaluar el bienestar y la satisfacción laboral. Además, solo un 31 % afirmó que se toman en cuenta las opiniones de todos los niveles jerárquicos dentro de la empresa, lo que refleja una falta de inclusión y de comunicación efectiva entre los diferentes niveles organizacionales. Estos resultados destacan áreas críticas que requieren atención para mejorar la participación y satisfacción de los empleados dentro de la empresa.

*Tabla 37. Resultados del constructo D4.*

Ítem	Nunca	Ocasionalmente	No Aplica	Frecuentemente	Siempre	% total en contra	% total a favor
<b>PSS24</b>	8%	13%	3%	21%	13%	66%	34%
<b>PSS26</b>	9%	14%	3%	26%	6%	69%	31%

Los resultados de la tabla 38, del constructo D5: La gestión sustentable de recursos y la economía circular, reflejan un cumplimiento bajo en las prácticas relacionadas con la gestión de residuos y la capacitación en conciencia económica. Solo un 40 % de los encuestados indicó que la empresa vende el material de desecho, y un 43 % señaló que se vende el material reciclado, lo que sugiere una limitada implementación de estrategias para gestionar adecuadamente los residuos generados. Además, un 34 % de los encuestados afirmó que se llevan a cabo entrenamientos sobre conciencia económica para el personal involucrado, lo que muestra un nivel deficiente en la formación y sensibilización de los empleados en cuanto a la eficiencia económica y el manejo de recursos. Estos resultados destacan un área crítica de mejora, ya que la falta de capacitación y la gestión inadecuada de los residuos podrían afectar tanto la sustentabilidad como la eficiencia operativa de la empresa.

Tabla 38. Resultados del constructo D5.

Ítem	Nunca	Ocasionalmente	No Aplica	Frecuentemente	Siempre	% total en contra	% total a favor
<b>PES12</b>	3%	13%	2%	20%	20%	<b>60%</b>	<b>40%</b>
<b>PES13</b>	3%	9%	2%	20%	23%	<b>57%</b>	<b>43%</b>
<b>PES15</b>	3%	17%	3%	17%	16%	<b>66%</b>	<b>34%</b>

Los resultados de la tabla 39, del constructo D6: La gestión del riesgo económico y la optimización de recursos, muestran un nivel bajo de cumplimiento en relación con la gestión del riesgo económico y la optimización de costos dentro de la empresa. Solo un 37 % de los encuestados indicó que se generan planes para mitigar el riesgo económico relacionado con factores externos, como regulaciones, cuestiones políticas o la situación de proveedores y clientes, lo que sugiere una falta de preparación ante posibles contingencias económicas.

Además, un 44 % señaló que se analizan los resultados económicos y se comparan con los del año o temporada anterior, indicando que la empresa podría no estar realizando un seguimiento exhaustivo de su rendimiento financiero. Finalmente, un 44 % mencionó que se llevan a cabo proyectos de ahorro con enfoque en la reducción de costos, lo que refleja un esfuerzo limitado para mejorar la eficiencia económica. En conjunto, estos resultados sugieren que la empresa tiene áreas significativas de oportunidad para mejorar en la gestión de riesgos económicos y en la optimización de costos, aspectos clave para su estabilidad financiera a largo plazo.

Tabla 39. Resultados del constructo D6.

ítem	Nunca	Ocasionalmente	No Aplica	Frecuentemente	Siempre	% total en contra	% total a favor
<b>PES10</b>	2%	13%	6%	17%	20%	<b>63%</b>	<b>37%</b>
<b>PES16</b>	1%	8%	5%	20%	24%	<b>56%</b>	<b>44%</b>
<b>PES17</b>	1%	12%	1%	15%	29%	<b>56%</b>	<b>44%</b>

A continuación, se describen las 5 tablas con los resultados de la sección Eslabones de la cadena de suministro.

Los resultados de la tabla 40 sobre el constructo E1: Prácticas sustentables en el abastecimiento, reflejan un nivel muy bajo de cumplimiento en cuanto a la integración de prácticas sustentables en la cadena de suministro de la empresa. Solo un 26 % de los encuestados indicó que la empresa cuenta con un programa de selección, evaluación y desarrollo de proveedores que incluya requisitos sustentables, lo que sugiere una débil integración de criterios ambientales, sociales y de buen gobierno en las decisiones de compra.

Además, solo un 21 % de los encuestados mencionó que se requiere que los proveedores estén certificados en ISO 14000, lo que refleja una escasa aplicación de normas internacionales para la gestión ambiental. Igualmente, un 21 % indicó que se realizan auditorías ambientales a los proveedores, lo que pone de manifiesto la falta de un control más riguroso sobre las prácticas ambientales de los mismos. Solo un 22 % señaló que los proveedores siguen las mismas políticas ambientales que la empresa, y un 27 % mencionó que se colabora con los proveedores para cumplir con los objetivos de cuidado del medio ambiente, lo que indica una escasa colaboración en la implementación de prácticas sustentables. Estos resultados destacan una clara área de mejora, ya que la integración de criterios sustentables en la cadena de suministro es fundamental para fortalecer la responsabilidad ambiental de la empresa y sus relaciones comerciales.

Solo un 28 % de los encuestados mencionó que existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel local, mientras que un 23 % indicó que existe un plan a nivel regional. A nivel nacional, solo un 22 % señaló que la empresa tiene un plan para localizar estos recursos, y solo un 24 % afirmó que existe un plan para obtener materia prima o componentes a nivel extranjero. Estos bajos porcentajes reflejan una clara falta de planificación y estrategia en la optimización de la cadena de suministro, lo cual podría limitar la eficiencia operativa y la sustentabilidad económica de la empresa. La falta de enfoque en la localización de recursos puede también tener implicaciones negativas en términos de costos y sustentabilidad ambiental, al depender en gran medida de fuentes externas sin considerar la proximidad geográfica ni los beneficios de reducir la huella de carbono en el proceso de adquisición de materiales.

Tabla 40. Resultados del constructo E1.

	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
<b>PSA27</b>	9%	5%	19%	2%	23%	<b>74%</b>	<b>26%</b>
<b>PSA28</b>	12%	10%	15%	5%	16%	<b>79%</b>	<b>21%</b>
<b>PSA29</b>	8%	19%	10%	5%	16%	<b>79%</b>	<b>21%</b>
<b>PSA30</b>	9%	10%	16%	3%	19%	<b>78%</b>	<b>22%</b>
<b>PSA31</b>	10%	9%	12%	3%	23%	<b>73%</b>	<b>27%</b>
<b>PSA32</b>	7%	9%	14%	6%	22%	<b>72%</b>	<b>28%</b>
<b>PSA33</b>	10%	10%	14%	3%	20%	<b>77%</b>	<b>23%</b>
<b>PSA34</b>	12%	9%	15%	6%	16%	<b>78%</b>	<b>22%</b>
<b>PSA35</b>	12%	7%	15%	6%	19%	<b>76%</b>	<b>24%</b>

Los resultados de la tabla 41 sobre el constructo E2: Sustentabilidad en la logística y el transporte, muestran un bajo nivel de cumplimiento en diversas áreas clave relacionadas con la sustentabilidad en la logística de distribución. En primer lugar, solo un 29 % de los encuestados indicó que la empresa implementa prácticas de logística inversa, lo que implica una falta de planificación y control sobre el retorno de productos para su reciclaje, recuperación o eliminación. Además, solo un 30 % mencionó que existen programas destinados a la reducción

de emisiones en el transporte, lo que sugiere una limitada atención a la sustentabilidad en las operaciones logísticas. Un 33 % de los encuestados indicó que se utilizan sistemas logísticos ecológicos para la distribución, lo que refleja una implementación parcial de prácticas más amigables con el medio ambiente. Los medios de transporte ecológicos, por su parte, fueron reportados por solo un 14 % de los encuestados, lo que muestra una adopción mínima de tecnologías limpias en el transporte de productos. Finalmente, solo un 24 % señaló que la empresa monitorea las emisiones generadas durante la distribución de productos, lo que indica una falta de seguimiento y control en cuanto a la huella de carbono de las operaciones logísticas. Estos resultados destacan la necesidad urgente de mejorar la sustentabilidad en las actividades logísticas, enfocándose en reducir el impacto ambiental y promover prácticas más responsables en el transporte y la distribución.

Tabla 41. Resultados del constructo E2.

	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
<b>PSD43</b>	7%	5%	17%	8%	21%	<b>71%</b>	<b>29%</b>
<b>PSD45</b>	7%	10%	10%	14%	16%	<b>70%</b>	<b>30%</b>
<b>PSD46</b>	6%	6%	14%	14%	19%	<b>67%</b>	<b>33%</b>
<b>PSD47</b>	14%	13%	17%	8%	6%	<b>86%</b>	<b>14%</b>
<b>PSD48</b>	10%	9%	14%	9%	15%	<b>76%</b>	<b>24%</b>

Los resultados del constructo E3: Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad, en la tabla 42, revelan un nivel bajo de cumplimiento en relación con las prácticas sustentables implementadas en la relación con los clientes. Solo un 40 % de los encuestados mencionó que la empresa cuenta con un manejo adecuado de devoluciones de productos, lo que indica que existen áreas de oportunidad en la gestión eficiente de estos procesos. En cuanto al programa de mejora continua, solo un 41 % de los encuestados señaló que existe una implementación efectiva, sugiriendo una falta de consistencia en la optimización de los procesos. Un 37 % mencionó que la empresa colabora con los clientes en el diseño de embalaje ecológico, lo que refleja una integración limitada de prácticas sustentables en la cadena de valor.

Además, solo un 34 % indicó que la empresa trabaja con los clientes en la implementación de logística inversa, y un porcentaje similar, el 34 %, señaló que se comunican las políticas sustentables a los clientes. Estos resultados indican que la empresa aún tiene un largo camino por recorrer en la integración de la sustentabilidad en sus relaciones con los clientes, lo que podría generar oportunidades de mejora tanto en términos de eficiencia operativa como en el fortalecimiento de su imagen y compromiso ambiental.

Tabla 42. Resultados del constructo E3.

	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
PSC52	6%	5%	8%	2%	37%	60%	40%
PSC53	3%	3%	10%	8%	33%	59%	41%
PSC54	6%	6%	9%	7%	30%	63%	37%
PSC55	9%	6%	9%	6%	28%	66%	34%
PSC56	8%	6%	10%	6%	28%	66%	34%

Los resultados de la tabla 43 sobre el constructo E4: Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos, muestran un nivel moderado de cumplimiento en varias áreas clave relacionadas con la eficiencia operativa y la gestión de procesos. Solo un 40 % de los encuestados indicó que la

empresa diseña procesos para minimizar desperdicios, lo que sugiere que aún hay margen para mejorar en la reducción de recursos no utilizados. El programa de mejora continua tiene un cumplimiento del 38 %, lo que implica que la empresa podría fortalecer sus esfuerzos para optimizar sus procesos y prácticas.

En cuanto a la optimización de espacios, solo un 33 % mencionó que se realizan esfuerzos para mejorar los espacios de almacenamiento y el transporte de productos finales o materias primas, lo que indica una oportunidad de mejora en la utilización eficiente de los recursos disponibles. Finalmente, el 36 % de los encuestados señaló que se mide la satisfacción del cliente, lo que refleja un nivel bajo de atención a la retroalimentación de los clientes, crucial para la mejora de los servicios y productos. En conjunto, estos resultados destacan la necesidad de mejorar la eficiencia en diversas áreas operativas y aumentar la atención a las necesidades y expectativas de los clientes.

Tabla 43. Resultados del constructo E4.

	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
<b>PSF40</b>	2%	9%	7%	6%	34%	<b>60%</b>	<b>40%</b>
<b>PSD44</b>	5%	2%	13%	9%	29%	<b>62%</b>	<b>38%</b>
<b>PSD49</b>	5%	8%	13%	10%	22%	<b>67%</b>	<b>33%</b>
<b>PSD50</b>	7%	5%	14%	12%	21%	<b>67%</b>	<b>33%</b>
<b>PSC51</b>	5%	7%	10%	3%	33%	<b>64%</b>	<b>36%</b>

Los resultados de la tabla 44 sobre el constructo E5: Optimización de procesos y recursos en la manufactura, muestran un nivel moderado de cumplimiento en varias áreas clave relacionadas con la eficiencia operativa y la gestión de procesos. Solo un 40 % de los encuestados indicó que la empresa diseña procesos para minimizar desperdicios, lo que sugiere que aún hay margen para mejorar en la reducción de recursos no utilizados. El programa de mejora continua tiene un cumplimiento del 38 %, lo que implica que la empresa podría fortalecer sus esfuerzos para

optimizar sus procesos y prácticas. En cuanto a la optimización de espacios, solo un 33 % mencionó que se realizan esfuerzos para mejorar los espacios de almacenamiento y el transporte de productos finales o materias primas, lo que indica una oportunidad de mejora en la utilización eficiente de los recursos disponibles. Finalmente, el 36 % de los encuestados señaló que se mide la satisfacción del cliente, lo que refleja un nivel bajo de atención a la retroalimentación de los clientes, crucial para la mejora de los servicios y productos. En conjunto, estos resultados destacan la necesidad de mejorar la eficiencia en diversas áreas operativas y aumentar la atención a las necesidades y expectativas de los clientes.

Tabla 44. Resultados del constructo E5.

	No Aplica	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	% total en contra	% total a favor
<b>PSF36</b>	13%	13%	8%	6%	19%	<b>76%</b>	<b>24%</b>
<b>PSF37</b>	7%	5%	12%	8%	27%	<b>65%</b>	<b>35%</b>
<b>PSF38</b>	1%	2%	6%	3%	45%	<b>51%</b>	<b>49%</b>
<b>PSF39</b>	6%	5%	6%	7%	35%	<b>58%</b>	<b>42%</b>
<b>PSF41</b>	3%	6%	3%	8%	37%	<b>55%</b>	<b>45%</b>
<b>PSF42</b>	3%	2%	6%	3%	43%	<b>53%</b>	<b>47%</b>

En la tabla 45 se sumaron, el análisis de las dimensiones relacionadas con la sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial revela un panorama mixto en cuanto a su implementación y cumplimiento. La dimensión D1, que aborda la sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social, presenta una calificación del 47.6 %, aunque su porcentaje promedio de cumplimiento respecto al total global es del 20.1 %, indicando un notable margen de mejora. La D2, centrada en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable, muestra un cumplimiento del 43.8 %, con un 5.1 % del total, lo que resalta la necesidad de fortalecer las iniciativas en este ámbito.

La dimensión D3, que evalúa la sustentabilidad y la responsabilidad social empresarial, refleja un cumplimiento del 42.4 % y un 6.5 % respecto al global, sugiriendo un compromiso moderado en esta área. Por otro lado, la D4, que se enfoca en la participación y el bienestar del empleado, presenta el nivel más bajo de implementación, con un 32.6 % y solo un 2.5 % en relación con el total, lo que indica una clara oportunidad para mejorar el compromiso organizacional con el personal. En cuanto a la gestión sustentable de recursos y la economía circular (D5), se observa un cumplimiento del 38.8 % y un 4.5 % respecto al global, lo que sugiere la importancia de adoptar enfoques más integrales en esta área. Finalmente, la D6, que aborda la gestión del riesgo económico y la optimización de recursos, destaca con un cumplimiento del 41.2 %, siendo esta dimensión la que más representa en relación con el total global con un 43.5 %.

Por otra parte, los resultados del análisis de los eslabones de la cadena de suministro en el marco de prácticas sustentables revelan un panorama variado en cuanto a su cumplimiento. En el primer eslabón, que aborda las prácticas sustentables en el abastecimiento, se observó un cumplimiento del 23.8 %, lo que representa solo el 7.1 % en relación con el total global. El segundo eslabón, enfocado en la sustentabilidad en la logística y el transporte, mostró un cumplimiento del 26 %, equivalente al 4.3 % del total. En contraste, el tercer eslabón, que involucra la colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad, evidenció un cumplimiento más sólido del 37 %, alcanzando el 6.2 % del global.

En cuanto a la eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos (E4), se registró un cumplimiento del 35.8 %, representando el 6 % global. Finalmente, el eslabón de optimización de procesos y recursos en la manufactura (E5) se destacó con el mayor cumplimiento, alcanzando un 40.3 % y un 8.1 % en relación con el total.

Tabla 45. Resultados de dimensiones y eslabones totales del caso de estudio.

Dimensión o Eslabón	% Favorable	Calificación
<b>D1. La sustentabilidad ambiental y la responsabilidad social empresarial</b>	47.6 %	20.1 %
<b>D2. El enfoque en el bienestar comunitario y el desarrollo sustentable</b>	43.8 %	5.1 %
<b>D3. La sustentabilidad y responsabilidad social empresarial</b>	42.4 %	6.5 %
<b>D4. La participación y el bienestar del empleado</b>	32.6 %	2.5 %
<b>D5. La gestión sustentable de recursos y la Economía Circular</b>	38.8 %	4.5 %
<b>D6. La gestión del riesgo económico y la optimización de recursos</b>	41.2 %	43.5 %
<b>Calificación de la Dimensión de Sustentabilidad</b>		<b>82.2 %</b>
<b>E1. Prácticas sustentables en el abastecimiento</b>	23.8 %	7.1 %
<b>E2. Sustentabilidad en la logística y el transporte</b>	26 %	4.3 %
<b>E3. Colaboración con los clientes para fomentar la sustentabilidad</b>	37 %	6.2 %
<b>E4. Eficiencia operativa en la gestión de recursos y procesos</b>	35.8 %	6 %
<b>E5. Optimización de procesos y recursos en la manufactura</b>	40.3 %	8.1 %
<b>Calificación de los Eslabones de la Cadena de Suministro</b>		<b>31.7 %</b>
Promedio de ambas calificaciones.	<b>Calificación de Sustentabilidad del Caso de Estudio:</b>	<b>56.95 %</b>

Los resultados de la encuesta aplicada a una empresa agrícola del Valle de Mexicali sobre las dimensiones de sustentabilidad muestran un 82.2 % de cumplimiento, sin embargo, en los eslabones de su cadena de suministro revelan un cumplimiento de tan sólo el 31.7%. Este porcentaje sugiere que, aunque la empresa ha implementado algunas iniciativas en favor de la sustentabilidad, existe un amplio margen de mejora en su enfoque hacia prácticas más sostenibles en la cadena de suministro. La baja tasa de cumplimiento destaca la necesidad de fortalecer las estrategias y políticas ambientales, sociales y económicas para lograr una mayor integración de la sustentabilidad en sus operaciones y mejorar el rendimiento en estos aspectos clave.

En conclusión, el cumplimiento promedio del 56.95 % alcanzado por la empresa del Caso de Estudio, según los resultados obtenidos en las secciones de “Dimensiones de la Sustentabilidad” y “Eslabones de la cadena de suministro”, refleja un desempeño moderado en estos aspectos clave. Este resultado, indica que, si bien se han logrado ciertos avances en la adopción de prácticas sustentables y en la gestión de la cadena de suministro, persiste un considerable margen de mejora en ambos ámbitos.

## CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

En un contexto global donde la seguridad alimentaria y la sustentabilidad son cada vez más cruciales, este proyecto de agricultura sustentable busca abordar desafíos ambientales y sociales mediante la implementación de prácticas agrícolas innovadoras. Los resultados obtenidos no solo reflejan la eficacia de estas prácticas en la mejora del rendimiento agrícola, sino que también resaltan su impacto en la conservación de recursos naturales y la resiliencia de las comunidades locales. A través de un análisis detallado de los datos recopilados, esta discusión explorará cómo las estrategias adoptadas contribuyen a la sustentabilidad a largo plazo y ofrecen un modelo replicable para futuras iniciativas en el sector agrícola.

En conjunto, los resultados de las dimensiones evidencian la necesidad de reforzar las estrategias de sustentabilidad en las dimensiones menos desarrolladas, así como de promover un enfoque más holístico que integre la responsabilidad social y el bienestar de todos los actores involucrados. Esto no solo contribuirá a un mayor cumplimiento en términos de sustentabilidad, sino que también potenciará el impacto positivo en las comunidades y el entorno.

En el caso de los eslabones, sus resultados subrayan la necesidad de fortalecer las estrategias en los eslabones menos cumplidos para lograr una integración más efectiva de la sustentabilidad en toda la cadena de suministro. La variabilidad en el cumplimiento también sugiere áreas específicas donde se pueden implementar mejoras significativas, lo que podría traducirse en beneficios tanto económicos como ambientales a largo plazo.

Con base en los resultados del análisis de la cadena de suministro en el marco de prácticas sustentables, se pueden considerar las siguientes propuestas:

### Fortalecimiento del Abastecimiento Sustentable

- **Desarrollo de Capacidades:** implementar programas de capacitación para proveedores sobre prácticas de abastecimiento sustentable. Esto puede incluir talleres, guías y certificaciones.

- **Criterios de Selección:** establecer criterios de sostenibilidad en el proceso de selección de proveedores, priorizando aquellos que demuestren compromiso con prácticas responsables.

#### Mejoras en Logística y Transporte

- **Innovación en Transporte:** explorar alternativas de transporte más sostenibles, como vehículos eléctricos o métodos de transporte intermodal que reduzcan la huella de carbono.
- **Optimización de Rutas:** implementar sistemas de gestión que optimicen las rutas de transporte, reduciendo el consumo de combustible y mejorando la eficiencia.

#### Fomento de la Colaboración con Clientes

- **Programas de Conciencia:** desarrollar campañas de sensibilización dirigidas a los clientes sobre la importancia de prácticas sustentables y cómo pueden contribuir.
- **Incentivos:** ofrecer incentivos a los clientes que participen en iniciativas sostenibles, como descuentos por retornos de productos o participación en programas de reciclaje.

#### Eficiencia Operativa y Gestión de Recursos

- **Auditorías Regulares:** realizar auditorías periódicas para identificar áreas de mejora en la gestión de recursos y procesos, enfocándose en la reducción de residuos y el uso eficiente de la energía.
- **Implementación de Tecnologías:** adoptar tecnologías que faciliten la automatización y la optimización de procesos, mejorando así la eficiencia operativa.

#### Optimización en Manufactura

- **Mejoras Continuas:** fomentar una cultura de mejora continua en la manufactura, implementando metodologías como Lean Manufacturing o Six Sigma, con un enfoque en la sostenibilidad.
- **Sustitución de Materiales:** investigar y desarrollar alternativas más sostenibles a los materiales utilizados en el proceso de manufactura, priorizando aquellos que sean reciclables o biodegradables.

## Monitoreo y Reporte

- **Indicadores de Sostenibilidad:** establecer indicadores clave de rendimiento (KPIs, por sus siglas en inglés) específicos para cada eslabón de la cadena que permitan un seguimiento efectivo del progreso en prácticas sustentables.
- **Transparencia en Resultados:** publicar informes periódicos que muestren avances en sostenibilidad, fomentando la transparencia y la rendición de cuentas.

Para fortalecer el abastecimiento sustentable agrícola, se pueden proponer varias estrategias basadas en la literatura científica disponible. A continuación, se presentan algunas propuestas clave:

- Emplear tecnologías disruptivas como el aprendizaje automático, el análisis de *big data*, la computación en la nube y *blockchain* para mejorar la eficiencia y sustentabilidad de las cadenas de suministro agrícolas [128]. Blockchain en la agricultura se refiere al uso de la tecnología de libro mayor distribuido para mejorar la transparencia, trazabilidad y eficiencia en las cadenas de suministro agrícolas. Esta tecnología permite registrar y almacenar transacciones de manera segura y confiable, lo que es especialmente útil en el sector agrícola para rastrear el origen de los productos, mejorar la gestión de la cadena de suministro y fomentar la confianza entre productores y consumidores [129].
- Desarrollar nuevas políticas e incentivos que aseguren la sustentabilidad de la agricultura y los servicios ecosistémicos, mejorando los rendimientos sin comprometer la integridad ambiental o la salud pública [130].
- Motivar a los agricultores a adoptar prácticas sustentables mediante programas de educación y apoyo financiero [131].

La logística y el transporte en la agricultura son componentes cruciales para mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la competitividad de las empresas agrícolas. A continuación, se presentan las principales propuestas basadas en la investigación reciente sobre este tema.

- Utilizar sistemas de logística basados en la nube para mejorar la gestión y toma de decisiones en la logística agrícola [132].

- Crear modelos económicos y matemáticos para prever y optimizar el volumen de transporte de productos agrícolas [133].
- Adoptar herramientas de *lean logistics* para eliminar actividades que no agregan valor y reducir costos en la cadena de suministro agrícola [134].
- Desarrollar estrategias logísticas que maximicen ingresos y beneficios, utilizando un enfoque de *marketing* para aumentar la competitividad en el mercado agrícola [135].

La colaboración en la agricultura es esencial para mejorar la eficiencia, sustentabilidad y rentabilidad de las cadenas de suministro agrícolas. Diversos estudios han analizado mecanismos y estrategias para fomentar la colaboración entre agricultores, cooperativas, fabricantes, minoristas y otros actores involucrados en la cadena de suministro agrícola.

- Implementar estrategias de supervisión estricta y aumentar las recompensas y sanciones para promover la colaboración en la cadena de suministro agrícola. La supervisión laxa puede ser más beneficiosa si la diferencia entre los ingresos adicionales y la inversión en colaboración es mayor que los ingresos obtenidos sin colaborar [136].
- Fomentar la colaboración tanto horizontal (entre empresas del mismo nivel) como vertical (a lo largo de la cadena de suministro) para mejorar la rentabilidad y sustentabilidad. La colaboración con proveedores y otros miembros de la cadena puede ser más rentable que solo con los clientes [137].
- Mejorar las medidas de apoyo público, especialmente aquellas relacionadas con la capacitación y el fortalecimiento del capital humano, para fomentar la cooperación en el sector agrícola. Las políticas deben ser efectivas y adaptadas a las necesidades locales [138].

La eficiencia operativa y la gestión de recursos en la agricultura son esenciales para mejorar la productividad y sustentabilidad del sector. Diversos estudios han abordado este tema, proponiendo métodos y tecnologías para optimizar el uso de recursos en las empresas agrícolas.

- Desarrollo de métodos para evaluar la eficiencia del uso de recursos mediante indicadores específicos y modelos matemáticos, lo que permite identificar áreas de mejora y optimizar la producción [139], [140].
- Integración de residuos agrícolas y ganaderos en el ciclo productivo mediante técnicas como el compostaje, vermicompostaje y biochar, mejorando la eficiencia del uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental [141].
- Implementación de programas de apoyo estatal para tecnologías innovadoras de ahorro de recursos y mejora del potencial técnico y tecnológico a través de créditos e inversiones [142].

La optimización en manufactura dentro del sector agrícola es crucial para mejorar la eficiencia, reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Diversos estudios han propuesto modelos y algoritmos para abordar estos desafíos, enfocándose en la automatización, la gestión de recursos y la sustentabilidad.

- Implementación de un modelo económico y matemático para optimizar la estructura y los horarios de producción de la flota de máquinas y tractores, mejorando la eficiencia operativa [143].
- Desarrollo de un modelo de producción no lineal que combina la fuerza laboral y las máquinas para minimizar el costo total de producción y optimizar las emisiones de carbono [144].
- Propuesta de una plataforma de servicios agrícolas que optimiza la programación de la cadena de suministro, mejorando la colaboración entre agricultores y proveedores de servicios mediante un algoritmo genético mejorado [145].

El monitoreo y reporte en la agricultura son esenciales para mejorar la eficiencia, sustentabilidad y productividad de las explotaciones agrícolas. A continuación, se presentan varias propuestas basadas en investigaciones recientes:

- Desarrollar un sistema de monitoreo y análisis que permita una evaluación precisa y rápida de los momentos situacionales en la agricultura. Este sistema debe integrar

herramientas de monitoreo y control en la gestión de las actividades agrícolas, proporcionando una base para el análisis cualitativo, modelado y pronóstico del desarrollo agrícola [146].

- Es crucial mejorar los procedimientos de reporte financiero en las empresas agrícolas para evaluar su estabilidad financiera. Indicadores como el capital de trabajo neto, coeficiente de autonomía y coeficiente de maniobrabilidad son esenciales para esta evaluación. Mejorar estos procedimientos puede ayudar a las empresas a gestionar mejor sus recursos y evaluar sus ganancias y pérdidas [147].
- La monitorización aérea de cultivos puede señalar en tiempo real los cambios y vulnerabilidades del agroecosistema, como las condiciones de vegetación y la densidad de plantas. Esta tecnología permite una evaluación rápida y relevante de las áreas afectadas y los daños, promoviendo la sustentabilidad de los agroecosistemas [148].

## CAPÍTULO 8. CONCLUSIÓN

Al aplicar el instrumento y observar que había varias respuestas de una empresa se decidió analizar sus resultados de manera específica a través de un Caso de Estudio, y además se vio la opción de cuantificar los resultados a través de una calificación numérica. Dicho instrumento puede ser aplicado en una sola empresa y así identificar sus áreas de oportunidad, y sus áreas de fortaleza.

Dando respuesta a la pregunta de investigación ¿qué tan sustentable es la cadena de suministro en empresas agrícolas de Mexicali y su Valle? El Valle de Mexicali tiene un 60 % de cumplimiento en las dimensiones de sustentabilidad y en los eslabones de la cadena de suministro sustentable. Por lo tanto, es necesario trabajar en pro de la sustentabilidad de las empresas agrícolas, y dar a conocer el instrumento propuesto, de manera que cada empresa lo pueda aplicar a su personal y determinar su propia calificación de sustentabilidad para que pueda identificar las áreas que requieren de mayor atención especial, así como promover que las empresas apliquen las propuestas de este trabajo.

Para fortalecer el abastecimiento sustentable agrícola, es crucial implementar un enfoque integral que aborde diversas áreas clave. La adopción de tecnologías disruptivas como el aprendizaje automático y *blockchain* puede optimizar la eficiencia y transparencia de las cadenas de suministro. Además, es fundamental establecer políticas e incentivos que promuevan prácticas agrícolas sustentables, mientras que la educación y el apoyo financiero a los agricultores facilitarán su transición hacia métodos más responsables.

La mejora de la logística y el transporte es otro componente esencial; mediante la implementación de sistemas basados en la nube y herramientas de *lean logistics*, se pueden reducir costos y maximizar la competitividad. La colaboración entre todos los actores de la cadena de suministro es vital, promoviendo tanto la cooperación horizontal como vertical, y reforzando el apoyo público en formación y desarrollo de capacidades.

La eficiencia operativa puede ser optimizada a través de métodos de evaluación de recursos y la integración de residuos en el ciclo productivo, mientras que la automatización y la innovación en manufactura son necesarias para minimizar costos y el impacto ambiental. Finalmente, el monitoreo y reporte adecuados son esenciales para gestionar la productividad y sustentabilidad, permitiendo una evaluación precisa del rendimiento y las condiciones del agroecosistema.

En conjunto, estas estrategias ofrecen un marco robusto para avanzar hacia un sistema agrícola más sustentable y eficiente, beneficiando tanto a los productores como al medio ambiente.

Esta tesis contribuye a dos Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas:

ODS 2. Hambre Cero, considerando que promueve prácticas agrícolas más sustentables, como el uso responsable de recursos y la mejora en la eficiencia de la cadena de suministro, puede contribuir a la seguridad alimentaria. Esto se logra garantizando que los alimentos lleguen de manera más eficiente y equitativa a los consumidores, sin desperdiciar recursos.

ODS 8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico, en vista de que una cadena de suministro más sustentable puede crear condiciones de trabajo más justas para los empleados en la agricultura, promoviendo un desarrollo económico inclusivo. Además, optimizar los procesos de la cadena de suministro puede mejorar la rentabilidad y la estabilidad de la empresa agrícola, lo que se traduce en crecimiento económico y más oportunidades de empleo.

#### Trabajo futuro

Como parte de las líneas de investigación futuras, se realizará la publicación de los resultados obtenidos en esta evaluación de la cadena de suministro sustentable en una revista científica de renombre, con el fin de compartir los hallazgos y las metodologías empleadas con la comunidad académica y profesional. Esta difusión contribuiría al avance del conocimiento en el ámbito de la

sustentabilidad en la agricultura, a la vez que permitirá generar un intercambio de experiencias y prácticas exitosas con otras organizaciones que enfrenten retos similares.

Adicionalmente, de ser posible, realizar un monitoreo continuo del caso de estudio para evaluar el impacto de las recomendaciones implementadas. En este sentido, sería de gran valor realizar un seguimiento periódico para determinar si las áreas de oportunidad identificadas en este trabajo han sido efectivamente mejoradas y si han producido un aumento en las calificaciones o indicadores clave de desempeño de la empresa agrícola. Este monitoreo permitiría analizar el progreso a largo plazo de la cadena de suministro sustentable, identificar nuevos desafíos y ajustar las estrategias propuestas, garantizando así una mejora continua en las prácticas de gestión agrícola sustentable.

## REFERENCIAS

- [1] E. Falcón, M. Solanet, H. Pena, R. Walton, L. Jáureguy, and A. Guadagni, “El problema ambiental en la sociedad, la salud y la economía,” Buenos Aires, 2016.
- [2] L. Ramírez-Marfil, I. Hinojosa-Flores, M. A. García-Durán, and E. Santellano-Estrada, “Percepción de la problemática ambiental en Delicias, Chihuahua, México,” *Sociedad y Ambiente*, no. 24, pp. 1–32, Feb. 2021, doi: 10.31840/sya.vi24.2212.
- [3] E. Provencio, “La economía de una agricultura sustentable.,” RIAD, México, Jul. 02, 1993.
- [4] G. Andrade, “Agricultura sustentable desde una perspectiva económica,” Universidad de Guanajuato, Guanajuato, 2003.
- [5] A. Wijerathna-Yapa and R. Pathirana, “Sustainable Agro-Food Systems for Addressing Climate Change and Food Security,” *Agriculture*, vol. 12, no. 10, p. 1554, Sep. 2022, doi: 10.3390/agriculture12101554.
- [6] C. Ren *et al.*, “The impact of farm size on agricultural sustainability,” *J Clean Prod*, vol. 220, pp. 357–367, May 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.151.
- [7] M. Rojo Gonzalez, “Medición del grado de sustentabilidad social, económica y ambiental de los perfiles productivos agrícolas de los trigueros del Valle de Mexicali,” Mexicali, Sep. 2021.
- [8] J. Alvarado, E. Ávila, M. Camarillo, X. Ochoa, and A. Zamarripa, “Producción de Remolacha Azucarera en el Valle de Mexicali, B. C.,” 2011, *Gobierno Federal*.
- [9] SAGARPA, “Cierre definitivo de cosechas. Ciclo productivo: 0-1. Modalidad: Riego+Temporal,” *Oficina central de la Ciudad de Mexicali*, Mar. 2015.
- [10] Gobierno del Estado, *Programa Estatal Hídrico 2008-2013*. 2013.
- [11] M. A. Cortés, “Aportes a la Sustentabilidad,” ITESO, 2016.
- [12] P. Nur Indah, R. F. Setiawan, H. Hendrarini, E. Yektingsih, and R. J. Sunarsono, “Agriculture supply chain performance and added value of cocoa: a study in Kare Village, Indonesia,” 2021.
- [13] O. Ahumada and J. R. Villalobos, “Application of planning models in the agri-food supply chain: A review,” *Eur J Oper Res*, vol. 196, no. 1, pp. 1–20, Jul. 2009, doi: 10.1016/j.ejor.2008.02.014.
- [14] B. Morera Aguilar, M. P. Leonardo, C. Nazario, and P. -Perú, “FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Línea de investigación: Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL.”
- [15] J. C. Rojas Gómez, C. L. Niño Galeano, and S. D. Solano Bejarano, “Sostenibilidad del sector agrícola a nivel mundial a partir del Global Reporting Initiative (GRI).,” *Panorama Económico*, vol. 28, no. 2, pp. 56–79, Apr. 2020, doi: 10.32997/pe-2020-2688.

- [16] H. Gómez Samper, “Crear cadenas de suministro para productos agrícolas exige organizar y emprender una serie de funciones que difícilmente podrán encargarse al agricultor tradicional,” *DEBATES IESA*, vol. XXII, 2017.
- [17] E. Arnes and M. Astier, *Sostenibilidad en sistemas de manejo de recursos naturales en países andinos*, 1st ed. UNESCO, 2018.
- [18] O. Masera, M. Astier, and S. Lopez-Ridaura, *SUSTENTABILIDAD Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES, el marco de evaluación MESMIS*, GIRA, A.C., vol. 1. México: MUNDI-PRENSA, 2000.
- [19] M. Astier, “MEDICIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS,” Michoacán, 2006.
- [20] J. P. Haro Altamirano, M. A. Osorio Rivera, M. A. Vivar Arrieta, S. P. Jácome Tamayo, and J. M. Narváez Brito, “EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LA AGRICULTURA FAMILIAR, CANTÓN PENIPE, ECUADOR 2021,” *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 25, no. 3, Sep. 2022, doi: 10.56369/tsaes.4331.
- [21] I. M. S. Borges *et al.*, “Análise de sustentabilidade da agricultura familiar em um sistema de agroflorestamento (SAF) em Alagoa Nova-Pb,” *Research, Society and Development*, vol. 9, no. 6, p. e57963228, Apr. 2020, doi: 10.33448/rsd-v9i6.3228.
- [22] N. Silva - Cassani *et al.*, “EVALUATION OF THE SUSTAINABLE PERFORMANCE OF NATIVE AND INTENSIVE SILVOPASTORAL SYSTEMS IN THE MEXICAN TROPICS USING THE MESMIS FRAMEWORK,” *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 25, no. 3, Aug. 2022, doi: 10.56369/tsaes.3556.
- [23] M. C. David, “Customer Value, Value Stream, Continuous Flow, Pull Process and Continuous Improvement.,” *J Clean Prod*, vol. 19, pp. 1553–1559, 2011.
- [24] Z. F. Ikatrinasari, S. Hasibuan, and K. Kosasih, “The Implementation Lean and Green Manufacturing through Sustainable Value Stream Mapping,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 453, p. 012004, Nov. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/453/1/012004.
- [25] Y. Kazancoglu, E. Ekinci, Y. D. O. Ozen, and M. O. Pala, “REDUCING FOOD WASTE THROUGH LEAN AND SUSTAINABLE OPERATIONS: A CASE STUDY FROM THE POULTRY INDUSTRY,” *Revista de Administração de Empresas*, vol. 61, no. 5, 2021, doi: 10.1590/s0034-759020210503.
- [26] G. Andrezza de Freitas, M. Hernandez de Paula e Silva, and D. Aparecido Lopes Silva, “Overall lean and green effectiveness based on the environmentally sustainable value stream mapping adapted to agribusiness,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 16, no. 1, pp. 25–53, Jan. 2025, doi: 10.1108/IJLSS-10-2023-0173.
- [27] C. R. Carter and D. S. Rogers, “A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory.,” *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, vol. 38, no. 5, pp. 360–387, 2008.
- [28] S. Ocaña, M. Ruiz, and T. López, “La cadena de suministro del café gourmet en Chimborazo,” *Organización del trabajo y de la producción*, vol. XLIII, no. 4, Oct. 2022.

- [29] G. A. Lopez, M. J. Correa, and M. L. Estrada, "Caracterización de la cadena de suministro de los cafés especiales de Belén de Umbría, Risaralda, Colombia," *Scientia et Technica*, vol. 26, no. 04, Dec. 2021.
- [30] J. R. Stock and D. M. Lambert, *Strategic Logistics Management*. New York: McGraw Hill, 2001.
- [31] N. Yang, Y. Ding, J. Leng, and L. Zhang, "Supply Chain Information Collaborative Simulation Model Integrating Multi-Agent and System Dynamics," *Promet*, vol. 34, no. 5, pp. 711–724, Sep. 2022, doi: 10.7307/ptt.v34i5.4092.
- [32] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management*, 5th ed. New Jersey: Pearson, 2008.
- [33] R. Thomas Muñoz, "¿Qué falta para entender la sustentabilidad? What is Missing to Understand Sustainability," *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, vol. 54, pp. 77–117, 2022, [Online]. Available: <https://bit.ly/3IRSWpQ>.
- [34] V. Ramírez Valencia, D. M. Cárdenas Aguirre, and S. Ruiz Herrera, "Programación o planeación de actividades o recursos en la agricultura. Una revisión de literatura," *Revista EIA*, vol. 15, no. 30, pp. 73–87, Nov. 2018, doi: 10.24050/reia.v15i30.1151.
- [35] M. Pérez Pérez and J. C. Reyes, "La concentración y centralización del capital en la agricultura latinoamericana. Implicaciones para el campesinado," La Habana, 2018.
- [36] P. Fonseca, "La moneda salvadoreña," *La Universidad*, vol. 3, pp. 28–31, 1975.
- [37] J. Thome, "Reforma agraria en El Salvador," *Boletín de Ciencias Económicas y Sociales*, vol. 1, pp. 235–253, 1984.
- [38] "Informe Anual Banco Mundial," Oct. 2007.
- [39] "Reflexiones sobre la concentración y extranjerización de la tierra en América Latina y el Caribe," *FAO*, 2014.
- [40] M. Urioste, "Concentration y Foreignization of Land in Bolivia," *Canadian journal of Development Studies*, vol. 33, no. 4, pp. 439–457, 2012.
- [41] V. Mundo-Rosas, N. I. Vizuet-Vega, J. Martínez-Domínguez, M. del C. Morales-Ruán, R. Pérez-Escamilla, and T. Shamah-Levy, "Evolution of food insecurity in Mexican households: 2012-2016," *Salud Publica Mex*, vol. 60, no. 3, pp. 309–318, May 2018, doi: 10.21149/8809.
- [42] A. Tortolero, "The Mexican path toward agricultural capitalism," *Etud Rurales*, no. 205, Jun. 2020, doi: 10.4000/etudesrurales.22196.
- [43] E. Ezcurra, P. Ezcurra, and B. Meissner, "Ancient inhabitants of the Basin of Mexico kept an accurate agricultural calendar using sunrise observatories and mountain alignments," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 119, no. 51, Dec. 2022, doi: 10.1073/pnas.2215615119.
- [44] E. Ezcurra, P. Ezcurra, and B. Meissner, "Reply to Šprajc: Sunrise alignments ensured farming success for the ancient inhabitants of the Basin of Mexico," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 120, no. 15, Apr. 2023, doi: 10.1073/pnas.2300250120.

- [45] M.-J. Ibarrola-Rivas, Q. Orozco-Ramírez, and L. Guibrunet, "How much of the Mexican agricultural supply is produced by small farms, and how?," *PLoS One*, vol. 18, no. 10, p. e0292528, Oct. 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0292528.
- [46] L. A. Martínez-Vallejo, H. G. Cortés-Mora, J. A. Méndez-Alcázar, and J. I. Peña-Reyes, "Un enfoque desde la sustentabilidad: análisis de ciclo de vida como herramienta para la toma de decisiones en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en Colombia," *Gestión y Ambiente*, vol. 24, no. Supl2, pp. 224–237, Jan. 2022, doi: 10.15446/ga.v24nsupl2.86822.
- [47] Y. Qin, J. He, M. Wei, and X. Du, "Challenges Threatening Agricultural Sustainability in Central Asia: Status and Prospect," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, no. 10, p. 6200, May 2022, doi: 10.3390/ijerph19106200.
- [48] R. De Gortari Rabiela, "DE LA REVOLUCIÓN VERDE A LA AGRICULTURA SUSTENTABLE EN MÉXICO From the Green Revolution to Sustainable Agriculture in Mexico," 2020. [Online]. Available: <http://www.juridicas.unam.mx/>
- [49] A. J. Tonolli, "Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico Methodological proposal to obtain agroecosystem sustainability indicators from a multidimensional and systemic approach," 2019.
- [50] R. E. Dunlap, C. E. Beus, R. E. Howell, and J. Waud, "What is Sustainable Agriculture?," *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 3, no. 1, pp. 5–41, May 1993, doi: 10.1300/J064v03n01\_03.
- [51] L. A. Luna, "Agricultura sustentable: el verdadero significado," 2018.
- [52] K. Oropesa-Casanova, "Supportability of productive systems in Cuba from a multifactorial approach," vol. 44, 2021, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-4310-5019>, HildaBeatrizWencomo-Cárdenas <https://orcid.org/0000-0002-1450-5611> TaymerMiranda-Tortoló <https://orcid.org/0000-0001-8603-7725> and JuanCarlosLezcano-Fleires <https://orcid.org/0000-0002-8718-1523>
- [53] D. Cota Montes and A. G. Guerrero Beltrán, "Evaluación de dos agroecosistemas mediante indicadores de sustentabilidad en Sinaloa municipio, Sinaloa," *Ra Ximhai*, pp. 171–189, Jun. 2021, doi: 10.35197/rx.17.03.2021.07.dc.
- [54] D. M. GOBIERNO, "Informe Nacional Voluntario para el Foro Político de Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible," [http://www.agenda2030.mx/docs/doctos/InfNaIVol\\_FPAN\\_DS\\_2018\\_es.pdf](http://www.agenda2030.mx/docs/doctos/InfNaIVol_FPAN_DS_2018_es.pdf).
- [55] FAO, "El carácter multifuncional de la agricultura y la tierra," in *Conferencia: El carácter multifuncional de la agricultura y la tierra*, Maastricht: FAO, 1999.
- [56] A. A. Cuadras Berrelleza *et al.*, "Prácticas agrícolas y sustentabilidad en cultivos de maíz en Guasave, Sinaloa," *Ra Ximhai*, pp. 355–385, Jun. 2021, doi: 10.35197/rx.17.03.2021.15.ac.
- [57] C. M. Molina, *Estrategia de Sustentabilidad Para La Cadena Productiva Agave Tequila*. 2016.

- [58] A. Castro-Escobar, "PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES Y EDUCATIVAS COMO GENERADORAS DE LAS BASES PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE," 2020. [Online]. Available: <http://www.juridicas.unam.mx/>
- [59] "Evaluación de la contribución potencial de la agricultura orgánica a Metas de Sostenibilidad.," *Food and Agriculture Organization*, 1991.
- [60] A. Tonolli and C. Passera, "Análisis de la sustentabilidad predial de sistemas campesinos en el NE. de Mendoza.," *Revista de Educación Media (REM)*, vol. 6, 2017.
- [61] A. Castro-Escobar, "PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES Y EDUCATIVAS COMO GENERADORAS DE LAS BASES PARA EL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE," 2020. [Online]. Available: <http://www.juridicas.unam.mx/>
- [62] Y. I. Rodríguez-Fernández, R. I. Abreu-Ledón, and M. Franz III, "Mapping usefulness for sustainability analysis in agri-food supply chains," *Ingeniería Industrial*, vol. XL, no. 3, pp. 316–328, Dec. 2019, [Online]. Available: <http://www.rii.cujae.edu.cu>
- [63] E. Andreadis, J. Garza-Reyes, and V. Kumar, "Towards a conceptual framework for value stream mapping (VSM) implementation: an investigation of managerial factors," *Int J Prod Res*, vol. 23, Dec. 2017.
- [64] J. P. Davim, *Progress in Lean Manufacturing*. Cham: Springer International Publishing, 2018. doi: 10.1007/978-3-319-73648-8.
- [65] M. Gómez-Ramírez, N. Mossos-Vivas, and R. Herrera-Ramírez, "Desarrollo de una herramienta tecnológica facilitadora de buenas prácticas agrícolas en los pequeños agricultores del Municipio de Argelia," *Informador Técnico*, vol. 85, no. 2, Aug. 2021, doi: 10.23850/22565035.3642.
- [66] S. V. Buer, M. Semini, J. O. Strandhagen, and F. Sgarbossa, "The complementary effect of lean manufacturing and digitalization on operational performance," *Int J Prod Res*, vol. 59, no. 7, pp. 1976–1992, 2021, doi: 10.1080/00207543.2020.1790684.
- [67] M. P. Ciano, R. Pozzi, T. Rossi, and F. Strozzi, "How IJPR has Addressed 'Lean': A Literature Review Using Bibliometric Tools.," *Int J Prod Res*, vol. 57, no. 15–16, pp. 5284–5317, 2019.
- [68] D. R. Kiran, "Kaizen and continuous improvement," in *Work Organization and Methods Engineering for Productivity*, Oxford : Butterworth-Heinemann, 2020, ch. 11, pp. 155–161. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819956-5.00011-X>.
- [69] C. Cuggia-Jiménez, E. Orozco-Acosta, and D. Mendoza-Galvis, "Lean manufacturing: A systematic review in the food industry," *Información Tecnológica*, vol. 21, no. 5, pp. 163–172, Oct. 2020, doi: 10.4067/S0718-07642020000500163.
- [70] R. Schonberger, "Japanese production management: an evolution – with mixed success.," *Journal of Operations Management*, vol. 25, no. 2, pp. 403–419, 2007.
- [71] M. K. I. Favela Herrera, M. T. Escobedo Portillo, R. Romero López, and J. A. Hernández Gómez, "Herramientas de manufactura esbelta que inciden en la productividad de una organización," *Rev Lasallista Investig*, Oct. 2019, doi: 10.22507/rli.v16n1a6.

- [72] S. A. Fernández Henao, A. L. Pérez Rendon, and P. D. Medina Varela, "Uso integral de simulación, diseño de experimentos y KANBAN para evaluar y mejorar el rendimiento de una línea de producción," *Entre Ciencia e Ingeniería*, pp. 9–16, Dec. 2019, doi: 10.31908/19098367.1147.
- [73] R. E. de Anda Montaña, R. Portillo Molina, M. D. López Noriega, and M. de los Á. Cervantes Rosas, "Elaboración y validación de instrumento para medir prácticas sustentables que crean valor en organizaciones agrícolas," *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 11, no. 2, pp. 59–70, Jul. 2020, doi: 10.22490/21456453.3375.
- [74] X. Y. Zhu, H. Zhang, and Z. G. Jiang, "Application of green-modified value stream mapping to integrate and implement lean and green practices: A case study," *Int J Comput Integr Manuf*, vol. 33, no. 7, pp. 716–731, Jul. 2020, doi: 10.1080/0951192X.2019.1667028.
- [75] S. Vinodh, R. B. Ruben, and P. Asokan, "Life Cycle Assessment Integrated Value Stream Mapping Framework to Ensure Sustainable Manufacturing: A Case Study," *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 18, no. 1, pp. 279–295, 2016.
- [76] A. Brown, J. Amundson, and F. Badurdeen, "Sustainable Value Stream Mapping (sus-vsm) in Different Manufacturing System Configurations: Application Case Studies.," *J Clean Prod*, vol. 85, pp. 164–179, 2014.
- [77] N. Jamil, H. Gholami, M. Z. M. Saman, D. Streimikiene, S. Sharif, and N. Zakuan, "DMAIC-based approach to sustainable value stream mapping: towards a sustainable manufacturing system," *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, vol. 33, no. 1, pp. 331–360, Jan. 2020, doi: 10.1080/1331677X.2020.1715236.
- [78] W. Faulkner and F. Badurdeen, "Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance," *J Clean Prod*, vol. 85, pp. 8–18, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.05.042.
- [79] Y. Corral, "Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de los datos.," *Revista Ciencias de la Educación, segunda etapa*, vol. 18, no. 33, pp. 228–247, 2009.
- [80] J. Lamprea and R. Gomez, "Validez en la evaluación de escalas," *Revista Colombiana Psiquiatría*, vol. 2, pp. 340–348, 2007.
- [81] A. Campo and H. Oviedo, "Propiedades psicométricas de una escala: la consistencia interna," *Salud Pública*, vol. 10, no. 5, pp. 831–839, 2008.
- [82] A. Carvajal, C. Centeno, R. Watson, M. Martinez, and R. Sanz, "¿Cómo validar un instrumento de medida de la salud?," vol. 1, no. 34, pp. 63–72, Jun. 2011.
- [83] D. F. O. Silva *et al.*, "Development and content validity of an instrument for assessing the motivation for weight loss in adolescents with overweight and obesity," *PLoS One*, vol. 15, no. 11, p. e0242680, Nov. 2020, doi: 10.1371/journal.pone.0242680.
- [84] H. Lee, J.-S. Kang, and J.-W. Han, "Validity and Reliability of the Korean Version of the Anesthesia Surrendering Instrument," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 9, p. 3065, Apr. 2020, doi: 10.3390/ijerph17093065.

- [85] C. Lawshe, "A quantitative approach to content validity," *Pers Psychol*, vol. 28, pp. 563–575, 1975.
- [86] A. Tristan, "Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo," *Avances en medición*, vol. 6, no. 1, pp. 37–48, 2008.
- [87] K. M. Gámez Galvan, "Gestión del conocimiento y orientación al marketing interno, su impacto en innovación y rendimiento en el sector hotelero del Noroeste de México," Mexicali, Nov. 2020.
- [88] S. Umakanthan, M. Monice, S. Mehboob, C. L. Jones, and S. Lawrence, "RETRACTED: Post-acute (long) COVID-19 quality of life: validation of the German version of (PAC19QoL) instrument," *Front Public Health*, vol. 11, Jun. 2023, doi: 10.3389/fpubh.2023.1163360.
- [89] C. Soto-Vidal, S. Pacheco-da-Costa, V. Calvo-Fuente, S. Fernández-Guinea, C. González-Altred, and T. Gallego-Izquierdo, "Validation of the Spanish Version of Newcastle Stroke-Specific Quality of Life Measure (NEWSQOL)," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 17, no. 12, p. 4237, Jun. 2020, doi: 10.3390/ijerph17124237.
- [90] L. P. Silveira *et al.*, "Validation of an Instrument for Measuring Adherence to Treatment With Immunomodulators in Patients With Multiple Myeloma," *Front Pharmacol*, vol. 12, May 2021, doi: 10.3389/fphar.2021.651523.
- [91] A. Marín-García, I. Gil-Saura, M. E. Ruiz-Molina, and G. Berenguer-Contri, "Propuesta de una escala de medida de innovación en el comercio orientada a la sostenibilidad," *Journal of Management and Economics for Iberoamerica*, vol. 39, no. 169, pp. 533–542, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.18046/j.estger.2023.167.6175>.
- [92] E. G. Rodríguez Guevara, "Identification of practices in sustainable supply chain management for the food industry," *Revista científica Pensamiento y Gestión*, no. 45, pp. 129–160, Jul. 2018, doi: 10.14482/pege.45.10554.
- [93] M. Rebeca Beatriz Sánchez Flores Directora de Tesis Dra Samantha Eugenia Cruz Sotelo and D. Sara Ojeda Benitez, "Cadena de suministro sustentable en la industria de la ciudad de Mexicali, B.C.," Mexicali.
- [94] R. Sharma, S. Kamble, V. Mani, and A. Belhadi, "An Empirical Investigation of the Influence of Industry 4.0 Technology Capabilities on Agriculture Supply Chain Integration and Sustainable Performance," *IEEE Trans Eng Manag*, pp. 1–21, 2022, doi: 10.1109/TEM.2022.3192537.
- [95] "Academia de aprendizaje electrónico de la FAO," <https://elearning.fao.org/course/view.php?id=742>.
- [96] J. M. Bland and D. G. Altman, "Statistics notes: Cronbach's alpha," *BMJ*, vol. 314, no. 7080, pp. 572–572, Feb. 1997, doi: 10.1136/bmj.314.7080.572.
- [97] F. Kardoni, "Principal component analysis (PCA) on temporal changes of soil health indicators," *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, vol. 8, no. 2, p. 90, Aug. 2023, doi: 10.22146/ipas.85271.
- [98] S. Y. B. Huang, C.-C. Yu, and Y.-S. Lee, "How to Promote the Agricultural Company Through Environmental Social Responsibility to Achieve Sustainable Production?," *Front Environ Sci*, vol. 9, Jan. 2022, doi: 10.3389/fenvs.2021.770783.

- [99] I. L. Birtalan *et al.*, “Community Supported Agriculture as a Driver of Food-Related Well-Being,” *Sustainability*, vol. 12, no. 11, p. 4516, Jun. 2020, doi: 10.3390/su12114516.
- [100] C. A. Sulistyowati, S. A. Afiff, M. Baiquni, and M. Siscawati, “Challenges and potential solutions in developing community supported agriculture: a literature review,” *Agroecology and Sustainable Food Systems*, vol. 47, no. 6, pp. 834–856, Jul. 2023, doi: 10.1080/21683565.2023.2187002.
- [101] P. Kushka, “THEORETICAL FUNDAMENTALS OF SOCIAL RESPONSIBILITY FORMATION AT AGRICULTURAL ENTERPRISES,” *Market Infrastructure*, no. 64, 2022, doi: 10.32843/infrastruct64-8.
- [102] E. T. Sari, R. Yulianti, and P. S. Wardhani, “Corporate social responsibility’s relationship with marketing and financial performance of agricultural companies: a case study in East Java, Indonesia,” *Jurnal Ilmiah Pertanian*, vol. 20, no. 2, May 2023, doi: 10.31849/jip.v20i2.13038.
- [103] S. Geissberger and M. Chapman, “The Work that Work does: How intrinsic and instrumental values are transformed into relational values through active work participation in Swiss community supported agriculture,” *People and Nature*, vol. 5, no. 5, pp. 1649–1663, Oct. 2023, doi: 10.1002/pan3.10531.
- [104] N. V. Schwatka *et al.*, “Latin American Agricultural Workers’ Job Demands and Resources and the Association With Health Behaviors at Work and Overall Health,” *Front Public Health*, vol. 10, Apr. 2022, doi: 10.3389/fpubh.2022.838417.
- [105] J. F. Velasco-Muñoz, J. M. F. Mendoza, J. A. Aznar-Sánchez, and A. Gallego-Schmid, “Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators,” *Resour Conserv Recycl*, vol. 170, p. 105618, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105618.
- [106] M. Donner, A. Verniquet, J. Broeze, K. Kayser, and H. De Vries, “Critical success and risk factors for circular business models valorising agricultural waste and by-products,” *Resour Conserv Recycl*, vol. 165, p. 105236, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2020.105236.
- [107] M. Li, Q. Fu, V. P. Singh, D. Liu, T. Li, and Y. Zhou, “Managing agricultural water and land resources with tradeoff between economic, environmental, and social considerations: A multi-objective non-linear optimization model under uncertainty,” *Agric Syst*, vol. 178, p. 102685, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.agsy.2019.102685.
- [108] F. Shah and W. Wu, “Soil and Crop Management Strategies to Ensure Higher Crop Productivity within Sustainable Environments,” *Sustainability*, vol. 11, no. 5, p. 1485, Mar. 2019, doi: 10.3390/su11051485.
- [109] A. Wezel, M. Casagrande, F. Celette, J.-F. Vian, A. Ferrer, and J. Peigné, “Agroecological practices for sustainable agriculture. A review,” *Agron Sustain Dev*, vol. 34, no. 1, pp. 1–20, Jan. 2014, doi: 10.1007/s13593-013-0180-7.
- [110] M. I. Gómez and D. Lee, “Transforming food supply chains for sustainability,” *Journal of Supply Chain Management*, vol. 59, no. 4, pp. 79–92, Oct. 2023, doi: 10.1111/jscm.12310.

- [111] Y. Zhu, J. Wang, and M. Li, "Collaborative Distribution in the Soft Time Window of Agricultural-Means Supply Chain Based on Simulated Annealing-Genetic Algorithm," *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, vol. 53, no. 6, pp. 835–844, Dec. 2020, doi: 10.18280/jesa.530609.
- [112] L. BEREZINA and N. BAHAN, "EFFICIENCY OF USE OF RESOURCES OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND THEIR TECHNOLOGICAL MANAGEMENT," *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences*, vol. 316, no. 2, pp. 125–128, Apr. 2023, doi: 10.31891/2307-5740-2023-316-2-19.
- [113] V. Zhmudenko and R. Lishchuk, "OPTIMIZATION OF RESOURCE POTENTIAL AS A STRATEGIC DIRECTION OF ENTERPRISE DEVELOPMENT," *Economic scope*, 2021, doi: 10.32782/2224-6282/165-12.
- [114] K. Biró and M. Szalmáné Csete, "Corporate social responsibility in agribusiness: climate-related empirical findings from Hungary," *Environ Dev Sustain*, vol. 23, no. 4, pp. 5674–5694, Apr. 2021, doi: 10.1007/s10668-020-00838-3.
- [115] J. Pretty *et al.*, "Assessment of the growth in social groups for sustainable agriculture and land management," *Global Sustainability*, vol. 3, p. e23, Aug. 2020, doi: 10.1017/sus.2020.19.
- [116] S. Y. B. Huang, C.-C. Yu, and Y.-S. Lee, "How to Promote the Agricultural Company Through Environmental Social Responsibility to Achieve Sustainable Production?," *Front Environ Sci*, vol. 9, Jan. 2022, doi: 10.3389/fenvs.2021.770783.
- [117] H. Liu and P. Martens, "Stakeholder Participation for Nature-Based Solutions: Inspiration for Rural Area's Sustainability in China," *Sustainability*, vol. 15, no. 22, p. 15934, Nov. 2023, doi: 10.3390/su152215934.
- [118] J. F. Velasco-Muñoz, J. M. F. Mendoza, J. A. Aznar-Sánchez, and A. Gallego-Schmid, "Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators," *Resour Conserv Recycl*, vol. 170, p. 105618, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105618.
- [119] A. S. S. F. da Costa, "Financial risk management in agriculture: mitigation strategies and protection against economic variables," *International Journal of Scientific Management and Tourism*, vol. 10, no. 4, p. e1045, Jul. 2024, doi: 10.55905/ijsmtv10n4-020.
- [120] A. Corallo, M. De Giovanni, M. E. Latino, and M. Menegoli, "Leveraging on technology and sustainability to innovate the supply chain: a proposal of agri-food value chain model," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 29, no. 3, pp. 661–683, May 2024, doi: 10.1108/SCM-12-2022-0484.
- [121] A. Wezel, M. Casagrande, F. Celette, J.-F. Vian, A. Ferrer, and J. Peigné, "Agroecological practices for sustainable agriculture. A review," *Agron Sustain Dev*, vol. 34, no. 1, pp. 1–20, Jan. 2014, doi: 10.1007/s13593-013-0180-7.
- [122] T. Gao, V. Erokhin, and A. Arskiy, "Dynamic Optimization of Fuel and Logistics Costs as a Tool in Pursuing Economic Sustainability of a Farm," *Sustainability*, vol. 11, no. 19, p. 5463, Oct. 2019, doi: 10.3390/su11195463.

- [123] P. Trivellas, G. Malindretos, and P. Reklitis, "Implications of Green Logistics Management on Sustainable Business and Supply Chain Performance: Evidence from a Survey in the Greek Agri-Food Sector," *Sustainability*, vol. 12, no. 24, p. 10515, Dec. 2020, doi: 10.3390/su122410515.
- [124] J. C. Pérez-Mesa, L. Piedra-Muñoz, E. Galdeano-Gómez, and C. Giagnocavo, "Management Strategies and Collaborative Relationships for Sustainability in the Agrifood Supply Chain," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, p. 749, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13020749.
- [125] O. Olshanskiy, O. Smihunova, V. Shalenyi, and V. Zelenyak, "Development and implementation of improved methods of management of business processes of trade and agriculture enterprises," *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, vol. 2024, no. 3, pp. 129–138, Aug. 2024, doi: 10.36887/2415-8453-2024-3-23.
- [126] S. Kravets, "OPTIMIZATION OF ENERGY-EFFICIENT PROCESSES IN THE PRODUCTION AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS," *ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC*, no. 4(123), pp. 141–148, Dec. 2023, doi: 10.37128/2520-6168-2023-4-15.
- [127] V. I. Zarubin, I. M. Savitskaya, and S. V. Gorbanev, "Theoretical foundations of processbased management of technological processes in agricultural enterprises," *New Technologies*, vol. 18, no. 2, pp. 99–107, Jul. 2022, doi: 10.47370/2072-0920-2022-18-2-99-107.
- [128] R. Sharma, S. S. Kamble, A. Gunasekaran, V. Kumar, and A. Kumar, "A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance," *Comput Oper Res*, vol. 119, p. 104926, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.cor.2020.104926.
- [129] A. Sendros, G. Drosatos, P. S. Efraimidis, and N. C. Tsirliganis, "Blockchain Applications in Agriculture: A Scoping Review," *SSRN Electronic Journal*, 2021, doi: 10.2139/ssrn.4055335.
- [130] D. Tilman, K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, and S. Polasky, "Agricultural sustainability and intensive production practices," *Nature*, vol. 418, no. 6898, pp. 671–677, Aug. 2002, doi: 10.1038/nature01014.
- [131] C. M. Viana, D. Freire, P. Abrantes, J. Rocha, and P. Pereira, "Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review," *Science of The Total Environment*, vol. 806, p. 150718, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.150718.
- [132] X. Hu and L. Ye, "System Dynamics Algorithm Guided Smart Agricultural Product Logistics Optimization," in *2023 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, IEEE, Apr. 2023, pp. 686–691. doi: 10.1109/ICICT57646.2023.10134070.
- [133] A. Zh. Abzhapbarova, G. Zh. Zhanbirov, and Zh. G. Zhanbirov, "The role of transport and logistics systems in AIC development," *Problems of AgriMarket*, no. 2, pp. 94–101, Jun. 2022, doi: 10.46666/2022-2.2708-9991.10.
- [134] I. Chistnikova, F. Ermachenko, and I. Gunter, "Features of the Use of Lean Logistics Tools in Agricultural Regions," 2021. doi: 10.2991/aebmr.k.210710.017.

- [135] N. A. Makarenko and S. V. Vovchok, "OPTIMIZATION OF LOGISTICS SOLUTIONS TO ENSURE STRATEGIC MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES," *Visnik Sums'kogo deržavnogo univērsitetu*, no. 4, pp. 65–75, 2020, doi: 10.21272/1817-9215.2020.4-8.
- [136] Y. Huo, J. Wang, X. Guo, and Y. Xu, "The Collaboration Mechanism of Agricultural Product Supply Chain Dominated by Farmer Cooperatives," *Sustainability*, vol. 14, no. 10, p. 5824, May 2022, doi: 10.3390/su14105824.
- [137] J. C. Pérez-Mesa, L. Piedra-Muñoz, E. Galdeano-Gómez, and C. Giagnocavo, "Management Strategies and Collaborative Relationships for Sustainability in the Agrifood Supply Chain," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, p. 749, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13020749.
- [138] E. Ribašauskienė, D. Šumylė, A. Volkov, T. Baležentis, D. Streimikiene, and M. Morkunas, "Evaluating Public Policy Support for Agricultural Cooperatives," *Sustainability*, vol. 11, no. 14, p. 3769, Jul. 2019, doi: 10.3390/su11143769.
- [139] L. BEREZINA and N. BAHAN, "EFFICIENCY OF USE OF RESOURCES OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND THEIR TECHNOLOGICAL MANAGEMENT," *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic sciences*, vol. 316, no. 2, pp. 125–128, Apr. 2023, doi: 10.31891/2307-5740-2023-316-2-19.
- [140] N. BAHAN, "DIRECTIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY OF RESOURCES OF AGRICULTURAL ENTERPRISES," *Ukrainian Journal of Applied Economics*, vol. 6, no. 3, pp. 190–196, Sep. 2021, doi: 10.36887/2415-8453-2021-3-26.
- [141] S. Kumar, R. S. Meena, and M. K. Jhariya, Eds., *Resources Use Efficiency in Agriculture*. Singapore: Springer Singapore, 2020. doi: 10.1007/978-981-15-6953-1.
- [142] Л. А. Костирко, Т. В. Соломатіна, Е. В. Чернодубова, and В. М. Хромяк, "ANALYSIS AND ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF RESOURCE POTENTIAL AGRICULTURAL ENTERPRISES," *Financial and credit activity problems of theory and practice*, vol. 3, no. 34, pp. 294–302, Oct. 2020, doi: 10.18371/fcaptp.v3i34.215547.
- [143] A. A. Efremov, Y. N. Sotskov, and Y. S. Belotzkaya, "Optimization of Selection and Use of a Machine and Tractor Fleet in Agricultural Enterprises: A Case Study," *Algorithms*, vol. 16, no. 7, p. 311, Jun. 2023, doi: 10.3390/a16070311.
- [144] M. Alkahtani, M. Omair, Q. S. Khalid, G. Hussain, and B. Sarkar, "An Agricultural Products Supply Chain Management to Optimize Resources and Carbon Emission Considering Variable Production Rate: Case of Nonperishable Corps," *Processes*, vol. 8, no. 11, p. 1505, Nov. 2020, doi: 10.3390/pr8111505.
- [145] L. Xu and J. Yao, "Supply Chain Scheduling Optimization in an Agricultural Socialized Service Platform Based on the Coordination Degree," *Sustainability*, vol. 14, no. 23, p. 16290, Dec. 2022, doi: 10.3390/su142316290.
- [146] I. Svytnous, O. Havryk, N. Svytnous, and I. Svytnous, "METHODODOLOGICAL APPROACHES TO THE FORMATION OF ANALYTICAL SUPPORT FOR MONITORING THE ACTIVITIES OF AGRICULTURAL

ENTERPRISES," *The Economic Discourse*, no. 1–2, pp. 26–35, Jun. 2023, doi: 10.36742/2410-0919-2023-1-3.

- [147] N. KRASNOSTANOVA, I. YATSKEVYCH, O. ZHURAVEL, L. VASYUTYNSKA, and N. AKYMENKO, "Directions of Monitoring the Financial Activity of Agricultural Enterprises," *Scientific Horizons*, vol. 25, no. 7, Oct. 2022, doi: 10.48077/scihor.25(7).2022.82-89.
- [148] P. Iagăru, P. Pavel, R. Iagăru, and A. Şipoş, "Aerial Monitorization—A Vector for Ensuring the Agroecosystems Sustainability," *Sustainability*, vol. 14, no. 10, p. 6011, May 2022, doi: 10.3390/su14106011.

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta final



## EVALUACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO SUSTENTABLE EN EMPRESAS AGRÍCOLAS

Esta encuesta es sobre la "EVALUACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO SUSTENTABLE EN EMPRESAS AGRÍCOLAS". Su participación es fundamental para identificar los eslabones débiles en la cadena de suministro y desarrollar un plan de mejora que impulse la competitividad en este sector.

Le aseguramos que toda la información que proporcione será tratada con absoluta confidencialidad y anonimato. Los datos recopilados se analizarán de manera agregada para preservar la privacidad de la información individual.

Su colaboración es valiosa y contribuirá significativamente al avance de nuestro conocimiento en el ámbito de la cadena de suministro sustentable en la agricultura.

¡Agradecemos su participación!

Para proceder, necesitamos su consentimiento expreso ¿está usted de acuerdo en participar y autoriza el uso de su información con fines de análisis? Si es así, le solicitamos que seleccione la opción "Sí" y proceda a iniciar la encuesta adjunta. En caso contrario, agradecemos sinceramente el tiempo que nos ha dedicado y le pedimos que seleccione la opción "No". \*

Sí

No

## Información Demográfica

¿Cuál es su puesto de trabajo? \*

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Experiencia laboral: \*

- 1 a 5 años
- 6 a 10 años
- 11 a 15 años
- Más de 15 años

Nombre de la empresa :

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Número aproximado de empleados: \*

Tu respuesta

---

¿Tienen operaciones fuera de Mexicali? \*

Sí

No

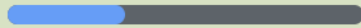
Si su respuesta es Sí, ¿en dónde?

Tu respuesta

---

[Atrás](#)

[Siguiete](#)



Página 2 de 6 [Borrar formulario](#)

## Dimensiones de la Sustentabilidad en la Cadena de Suministro

Seleccione el nivel de implementación actual de las siguientes prácticas sustentables en la cadena de suministro de su empresa.

Nunca, Ocasionalmente, Frecuentemente o Siempre.

*En caso de que la pregunta no sea pertinente para su posición laboral, seleccione la opción "No Aplica".*

### Prácticas Ambientales de la Sustentabilidad: \*

Nunca

Ocasionalmente

Frecuentemente

Siempre

No Aplica

1. Se toman en cuenta factores ambientales en el sistema de evaluación de desempeño interno (ejemplos: consumo de energía, generación de residuos, medición de accidentes ambientales, consumo de agua, uso de materiales y componentes peligrosos,

2. Se utiliza un sistema de gestión ambiental.

3. Los productos son diseñados con un enfoque en el cuidado del medio ambiente (ecodiseño, economía circular, materiales compostables, biodegradables, bajo consumo energético, cuidado del agua).

4. La empresa desarrolla productos seguros desde la perspectiva ambiental.

5. Se asignan recursos en el presupuesto anual para la mejora del ambiente.

6. Se integran prácticas del

cuidado del ambiente en las actividades estratégicas y operacionales de la empresa (ejemplo: producción mas limpia, producir considerando el impacto ambiental en cada una de las etapas, reciclado, reuso, recuperación de materiales y productos).

7. Realizan informes anuales de sustentabilidad que impliquen indicadores de energía eléctrica y consumo de agua.

8. Su organización (empresa) tiene política ambiental que implique programas de concientización en el cuidado ambiental.

9. Cumplen con la legislación ambiental correspondiente.

### Prácticas Económicas de la Sustentabilidad: \*

Nunca

Ocasionalmente

Frecuentemente

Siempre

No Aplica

10. Entendiendo como riesgo económico la posibilidad de sufrir pérdidas debido a cuestiones fuera de control de la compañía, regulaciones, cuestiones políticas, ya sea proveedores o clientes. Se generan planes para mitigar el riesgo económico.

11. Se invierte en tecnologías limpias

(energía solar, autos eléctricos, biocombustibles, montacargas eléctricos y materias primas amigables con el ambiente).

12. Se vende el material de desecho.

13. Se vende el material reciclado.

14. Cuentan con planta tratadora de agua.

15. Se llevan a cabo entrenamientos de conciencia económica al personal involucrado.

16. Se analizan los resultados económicos y se comparan con los del año o temporada pasada.

17. Se realizan proyectos de ahorros con enfoque de reducción de costos.

### Prácticas Sociales de la Sustentabilidad: \*

Nunca

Ocasionalmente

Frecuentemente

Siempre

No Aplica

18. Se tienen implementados programas de salud y seguridad ocupacional (ejemplo: OHSAS 18001, Normas Oficiales Mexicanas de Seguridad, y Salud en el Trabajo).

19. Se llevan a cabo programas de capacitación para los empleados respecto a prácticas

sustentables como:

actividades de reciclado, cuidado del medio ambiente, y promover la igualdad y respeto entre los trabajadores.

20. Se promueven relaciones de colaboración con los participantes de la cadena de suministro.

21. Las prácticas de responsabilidad social se promueven, apoyan e implementan desde la alta gerencia hacia abajo en el organigrama o estructura organizacional.

22. Se llevan a cabo campañas de salud.

23. Se llevan a cabo campañas de educación.

24. Se lleva a cabo la medición de la satisfacción de los empleados.

25. Están integradas las prácticas sociales como parte de la estrategia operacional de la empresa.

26. Se toman en cuenta las opiniones de todos los niveles jerárquicos en la empresa.

[Atrás](#)

[Siguiete](#)



Página 3 de 6 [Borrar formulario](#)

## Prácticas Sustentables en la Cadena de Suministro

Indique el nivel de avance correspondiente a cada práctica sustentable utilizando la siguiente escala:  
No se ha realizado, Posiblemente se considere, En proceso de implementación o Se encuentra implementada.  
*En caso de que la pregunta no sea pertinente para su posición laboral, selecciones la opción "No Aplica"*

### Prácticas Sustentables en el Abastecimiento: \*

	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	No Aplica
27. Programa de selección/evaluación/desarrollo de proveedores incluyendo requisitos sustentables. Esto quiere decir, que sus proveedores obedecen a una visión estratégica para la integración efectiva de las cuestiones ambientales, sociales y de buen gobierno en el proceso de toma de decisiones de la compañía, en el desarrollo de los productos y servicios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28. Requieren que los					

proveedores estén certificados en ISO 14000.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29. Realizan auditorías ambientales a los proveedores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30. Sus proveedores siguen las mismas políticas ambientales que su organización.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
31. Colaboran con proveedores para cumplir con los objetivos de cuidado del medio ambiente (reducir o eliminar el impacto ambiental).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
32. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel local.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
33. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel regional.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
34. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel nacional.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
35. Existe un plan para localizar materia prima o componentes a nivel extranjero.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### Prácticas Sustentables en la Fabricación: \*

	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	No Aplica
36. Programa de mejora continua (por ejemplo: manufactura esbelta, 5'S).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
37. Uso de tecnologías de manufactura avanzada como automatización industrial, impresión 3D, computación en la nube, Inteligencia Artificial (IA), grandes datos, Internet de las cosas (IoT), realidad aumentada, entre otras.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
38. Control en la generación de residuos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

peligrosos.

39. Reutilización de materiales como cartón, papel, plásticos, madera, entre otros.

40. Diseño de procesos para minimizar desperdicios.

41. Diseño de procesos para reducir costos.

42. Contactar proveedores externos de servicios de recolección de desperdicios.

### Prácticas Sustentables en la Distribución: \*

	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	No Aplica
43. Prácticas de logística inversa, corresponde al proceso de planificación y control del retorno de los productos desde los puntos de consumo hasta el distribuidor para efectuar su recuperación, reciclaje o eliminación.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
44. Programa de mejora continua.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
45. Programas de reducción de emisiones en el transporte.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
46. Uso de sistemas logísticos ecológicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

para la distribución.

47. Medios de transporte ecológicos.

48. Monitoreo de emisiones causadas por la distribución de productos.

49. Optimización de espacios de almacenamiento.

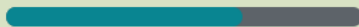
50. Optimización de espacios en el transporte de producto final o materia prima.

**Prácticas Sustentables hacia el Consumidor (servicio al cliente): \***

	No se ha realizado	Posiblemente se considere	En proceso de implementación	Se encuentra implementada	No Aplica
51. Medir la satisfacción del cliente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
52. Manejo de devoluciones del cliente.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
53. Programa de mejora continua.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
54. Colaboración con los clientes en el diseño de embalaje ecológico.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
55. Colaboración con los clientes en la práctica de logística inversa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
56. Comunicar las políticas sustentables a los clientes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Atrás](#)

[Siguiete](#)



Página 4 de 6 [Borrar formulario](#)

## Sustentabilidad

Seleccione la alternativa que le parezca apropiada.

57. ¿Cuál de las tres dimensiones de la sustentabilidad considera más importante? \*

- Ambiental
- Económica
- Social

58. ¿Cuáles son los obstáculos para incorporar prácticas sustentables en su empresa? \*

- Desconocimiento
- Indiferencia
- Representa "gasto"
- Otro: \_\_\_\_\_

59. ¿En qué medida las materias primas son respetuosas con el ambiente? \*

- 0%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

Atrás

Siguiente

Página 5 de 6 [Borrar formulario](#)

### Cadena de Suministro Sustentable

Queremos conocer su perspectiva sobre la cadena de suministro sustentable en su empresa; le agradecemos que responda de manera detallada a las siguientes preguntas:

60. ¿Existe cooperación o alianzas con otros participantes de la cadena en cuestiones de mejora ambiental?, explique su respuesta. \*

Tu respuesta

---

61. ¿A cuáles departamentos o áreas se les asigna mayor recurso en el presupuesto a prácticas sustentables? \*

Tu respuesta

---

62. ¿Cuáles son los principales requisitos sustentables que deben cumplir los proveedores de materia prima? \*

Tu respuesta

---

63. ¿Cuáles *indicadores ambientales* utiliza su empresa actualmente para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro? \*

AMBIENTALES, por ejemplo: Rendimientos (por cultivo), Eficiencia energética, entre otros.

Tu respuesta

---

64. ¿Cuál es la razón principal en su empresa para implementar prácticas sustentables en el *ámbito ambiental*? \*

Tu respuesta

---

65. ¿Cuáles *indicadores económicos* utiliza su empresa actualmente para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro? \*

ECONÓMICOS, por ejemplo: Relación Beneficio Costo, Valor Presente Neto (VPN), entre otros.

Tu respuesta

---

66. ¿Cuál es la razón principal en su empresa para implementar prácticas sustentables en el *ámbito económico*? \*

Tu respuesta

---

67. ¿Cuáles *indicadores sociales* utiliza su empresa actualmente para medir el desempeño sustentable en la cadena de suministro? \*

SOCIALES por ejemplo: Índices de Calidad de Vida, Capacitación, Generación de Conocimiento, entre otros.

Tu respuesta

---

68. ¿Cuál es la razón principal en su empresa para implementar prácticas sustentables en *el ámbito social*? \*

Tu respuesta

---

69. ¿Cuáles son las áreas de oportunidad que identifica en su empresa en los ámbitos ambientales, sociales y económicos? \*

Tu respuesta

---

70. ¿Cuáles certificaciones ambientales tiene su empresa? \*

Ejemplos:

Global G.A.P.

Agricultura Sostenible de Rainforest Alliance

Industria Limpia

Calidad Ambiental (PROFEPA)

ISO 14001

Tu respuesta

---



## **EVALUACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO SUSTENTABLE EN EMPRESAS AGRÍCOLAS**

Muchas gracias por tu participación. Tu encuesta ha sido completada

[Enviar otra respuesta](#)